

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RIO MOCHE TRAMO PUENTE
QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA**

AUTORES: Br. HONORIO SÁNCHEZ RENATO
Br. RAMOS GARCÍA JORDY JUNIOR

ASESOR: ING. GARCIA RIVERA, JUAN PABLO

TRUJILLO - PERÚ
2020

**“ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RIO MOCHE TRAMO PUENTE
QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO”**

AUTOR (ES):

Br. Honorio Sánchez, Renato

Br. Ramos García, Jordy Junior

APROBADO POR:

**Ing. RICARDO ANDRES NARVAEZ ARANDA
PRESIDENTE
CIP: 58776**

**Ing. ALVARO FERNANDO SALAZAR PERALES
SECRETARIO
CIP: 97281**

**Ing. MAMERTO RAMOS RODRIGUEZ
VOCAL
CIP: 3689**

**Ing. JUAN PABLO GARCIA RIVERA
ASESOR
CIP: 68614**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia
que gracias a ellos he llegado
hasta este momento,
son la clave de mi desarrollo
como persona, estudiante y
de ahora en adelante
como profesional.

Bach. Honorio Sánchez, Renato

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente
a mis padres Cesar y Judith,
pero también a una persona muy especial
que sin su ayuda no hubiera culminado
con éxito mis estudios,
muchísimas gracias León Isidro “Mister”
por todos los consejos recibidos.

Bach. Ramos García, Jordy Junior

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres
por estar siempre pendientes
en todo momento de nuestras vidas,
por darnos la oportunidad de sobresalir
en este mundo de dificultades.

A nuestros familiares más cercanos
que siempre nos brindaron un aliento
en el proceso de este proyecto.

A todos nuestros amigos
por brindarnos su experiencia y
estar en todo momento con nosotros.

A nuestro asesor
el Ing. Juan Pablo García Rivera
por todo el apoyo y el tiempo que nos brindó
durante el desarrollo de la tesis.

Bach. Ramos García, Jordy Junior
Bach. Honorio Sánchez, Renato

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo realizar el estudio de hidráulica fluvial del Rio Moche en los tramos del puente Quirihuac y Puente Fierro por los efectos que se presentan en la siguiente tesis. La mala colocación de estructuras de protección cercanas al puente Quirihuac, la colmatación de la mayoría del tramo, la sedimentación que tendrán efectos negativos en un tiempo cercano, la falta de estructuras de protección que afectarán a las zonas cercanas que son de cultivo y viviendas.

Se realizó un estudio topográfico en la zona de estudio, se identificaron las zonas con mayor riesgo, se calculó una pendiente de 0.12%. Se realizó un análisis hidrológico y se determinó que los caudales se ajustaban 05 distribuciones estadísticas, cuyo caudal de diseño se promedió a $777\text{m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 200 años, por consiguiente realizamos un modelo unidimensional del Rio Moche para verificar el comportamiento del cauce y se observó el desborde de dicho cauce esto generaba un impacto negativo en las zonas aleñadas que son rurales y de cultivo a partir de este problema se diseñaron Diques de Protección de 4 m de altura, una vez diseñados los diques se procedió a comprobarlos.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to carry out the study of fluvial hydraulics of the Moche river in the sections of the Quirihuac bridge and Fierro bridge due to the effects presented in the following thesis. The poor placement of protection structures near the Quirihuac bridge, the clogging of most of the section, the sedimentation that will have negative effects in a near time, the lack of protection structures that will affect the nearby areas that are cultivated and houses.

A topographic study was carried out in the study area, the areas with the highest risk were identified, and a slope of 0.12% was calculated. A hydrological analysis was carried out and it was determined that the flows were adjusted to 05 statistical distributions, whose design flow was averaged at $777\text{m}^3 / \text{s}$ for a return period of 200 years, therefore we made a one-dimensional model of the Moche river to verify the behavior of the river. channel and the overflow of said channel occurs, this generated a negative impact in the surrounding areas that are rural and cultivated. From this problem, 4 m high protection dams were designed, once the dams were checked.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ing. Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: **“ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RIO MOCHE TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO”**

Para obtener el título profesional de ingeniero civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

.....
Bach. Honorio Sánchez, Renato

.....
Bach. Ramos García, Jordy Junior

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Problema de Investigación.....	1
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Justificación del Estudio.....	5
II. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1 Antecedentes de Estudio	6
2.1.1 A Nivel Internacional	6
2.1.2 A Nivel Nacional.....	7
2.1.3 A Nivel Local	8
2.2 MARCO TEÓRICO	9
2.2.1 Modelo Digital de Elevación (DEM).....	9
2.2.1.1 Fotogrametría	10
2.2.1.2 Levantamiento Topográfico.....	11
2.2.1.3 Procesamiento de datos y generación del DEM	14
2.2.2 Hidráulica Fluvial.....	16
2.2.2.1 La Ingeniería de rios	16
2.2.2.2 Morfología fluvial.....	17
2.2.2.3 Clasificación Morfológica de los rios	20
2.2.2.4 Riberas	22
2.2.2.5 Fajas Marginales.....	23
2.2.2.6 Las Avenidas	23
2.2.2.7 Defensas Ribereñas	24
2.2.2.8 Inundación	30
2.2.2.9 Flujo en Canales Abiertos	30
2.2.3 Estudio hidrológico.....	32
2.2.3.1 Concepto de Caudal Dominante	33
2.2.3.2 Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos	35
2.2.4 Diseño de Defensa Ribereña	55
2.2.4.1 Sección Estable o Amplitud de Cauce (B)	55
2.2.4.2 Cálculo del Tirante	58
2.2.4.3 Cálculo de la Altura de Dique.....	58

2.2.4.4 Profundidad de Socavación	59
2.2.4.5 Profundidad de Uña	60
2.2.4.6 Diseño de un enrocado	60
2.2.4.7 Estabilidad de Terraplén	63
2.2.4.8 Estabilidad del Revestimiento del Enrocado en el Fondo	64
2.2.4.9 Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el talud.....	65
2.2.4.10 Diseño de Filtro.....	65
2.2.5 Software	66
2.2.5.1 Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM)	66
2.2.5.2 Estudio Hidrológico	68
2.2.5.3 Modelamiento Hidráulico	68
2.3 Marco Conceptual	70
2.4 Sistema de Hipótesis	71
2.4.1 Hipótesis General.....	71
2.5 Variables	71
2.5.1 Variable Independiente	71
2.5.2 Variable Dependiente.....	71
2.5.2.1 Operaciones de las Variables	72
III. METODOLOGIA.....	73
3.1. Tipos y Nivel de Investigación	73
3.1.1. Tipo de Investigación	73
3.1.2. Nivel de Investigación	73
3.2. Población y Muestra de Estudio	73
3.2.1. Población	73
3.2.2. Muestra.....	73
3.3. Diseño de Investigación	73
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación	73
3.4.1. Identificación del lugar	73
3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)	74
3.4.3. Estudio Hidrológico	74
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos	74
3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)	74
3.5.1.1. Microsoft Excel 2019.....	74
3.5.1.2. AutoCAD Civil 3D 2019.....	74
3.5.1.3. ArcGis 10.2.2	74

3.5.2.	Estudio de Hidrología.....	75
3.5.3.	Modelamiento Hidráulico	75
3.5.3.1.	Unidimensional (Hec-Ras 5.0.7)	75
3.5.3.2.	Bidimensional (Iber 2.5.2)	76
3.5.4.	Diseño del Dique de Enrocado	77
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	78
4.1.	Modelo Digital de Elevación (DEM)	78
4.2.	Estudio Hidrológico	78
4.2.1.	Cálculo de Caudal de Diseño para el Diseño de enrocados.....	78
4.2.1.1.	Selección del Periodo de Retorno.....	78
4.2.1.2.	Distribuciones Estadísticas	79
4.2.1.3.	Pruebas de Bondad de Ajuste	83
4.2.1.4.	Comprobación mediante el programa Hidroesta.....	86
4.2.1.4.1.	Resumen de los resultados	86
4.3.	Estudio de inundabilidad sin protección	87
4.4.	Diseño de Diques de Enrocado	104
4.4.1.	Cálculo de ancho estable	104
4.4.2.	Resultados del ancho estable.....	105
4.4.3.	Cálculo de Tirante.....	106
4.4.4.	Cálculo de velocidad media	107
4.4.5.	Numero de Froude	108
4.4.6.	Calculo de Altura de Dique	108
4.4.6.1.	Área de Dique	110
4.4.7.	Estabilidad de Terraplén	111
4.4.8.	Cálculo de Socavación.....	112
4.4.9.	Calculo de Profundidad de Uña	116
4.4.10.	Calculo para determinar el uso de filtros.....	117
4.5.	Estudio de inundabilidad con protección.....	119
4.5.1.	Caudal de 777 m ³ /s con protección	119
4.5.1.1.	Unidimensional Hec Ras con Dique de Protección.....	119
4.5.1.2.	Bidimensional Hec Ras con Dique de Protección	138
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	143

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores de z para $I.C = 90, 95, 99, 99.9 \%$	43
Tabla 2	Condiciones de Fondo de Rio k_1	55
Tabla 3	Valores de Rugosidad de Manning.....	56
Tabla 4	Coeficiente Material del Cauce (K).....	56
Tabla 5	Coeficiente de tipo de Rio (m).....	56
Tabla 6	Factor de fondo de Rio (F_b) y Factor de orilla (F_s).....	57
Tabla 7	Ancho estable sugerido según el caudal máximo del Rio.....	57
Tabla 8	Valores de K_s para Cauces Naturales.....	58
Tabla 9	Coeficiente de Corrección.....	59
Tabla 10	Ancho de Corona en Función del Caudal de Diseño.....	59
Tabla 11	Operacionalización de las Variables.....	72
Tabla 12	Riesgo Admisible.....	79
Tabla 13	PeRiodo de Retorno.....	79
Tabla 14	Coeficientes Estadísticos.....	79
Tabla 15	Resultado-Caudales.....	80
Tabla 16	Coeficientes Estadísticos y Paramétricos.....	80
Tabla 17	Resultado-Caudales.....	81
Tabla 18	Coeficientes Estadísticos y Paramétricos.....	81
Tabla 19	Resultado-Caudales.....	81
Tabla 20	Coeficientes Estadísticos y Paramétricos.....	82
Tabla 21	Resultado-Caudales.....	82
Tabla 22	Coeficientes Estadísticos y Paramétricos.....	83
Tabla 23	Resultado-Caudales.....	83
Tabla 24	Resultado- Deltas.....	84
Tabla 25	Resultado-Deltas.....	84
Tabla 26	Resultado-Deltas.....	85
Tabla 27	Resultado-Deltas.....	85
Tabla 28	Resultado-Deltas.....	86
Tabla 29	Distribuciones con Mejor Ajuste.....	86
Tabla 30	Resumen de Posibles Caudales de Diseño.....	86
Tabla 31	Calculo de ancho estable.....	104
Tabla 32	Resultados de Ancho Estable.....	105
Tabla 33	Calculo de Tirante.....	106
Tabla 34	Velocidad Media.....	107
Tabla 35	Número de Froude.....	108
Tabla 36	Altura de Dique.....	108
Tabla 37	Calculo de la Altura de Dique.....	109
Tabla 38	Talud.....	109
Tabla 39	Estabilidad de Terraplén.....	111
Tabla 40	Coeficiente de Contracción.....	112
Tabla 41	Longitud Libre entre los Estribos.....	113
Tabla 42	Valores de B Y μ	114
Tabla 43	Valores del Coeficiente β	114
Tabla 44	Coeficiente β	114
Tabla 45	Coeficiente X	115

Tabla 46 Método de Lischtvan Levediev	115
Tabla 47 Calculo del coeficiente a	115
Tabla 48 Tirante de Socavación	116
Tabla 49 Profundidad de Socavación	116
Tabla 50 Profundidad de Uña	116
Tabla 51 Velocidad del agua entre el enrocado y el fondo	117
Tabla 52 Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	117
Tabla 53 Caudales Máximos Anuales	154
Tabla 54 Caudales Ordenados Rio Moche Log Normal 2 Parámetros	155
Tabla 55 Caudales Ordenados Log Normal 3 Parámetros	157
Tabla 56 Caudales Ordenados Gamma 2 Parámetros	160
Tabla 57 Caudales 1950-2019 Log Pearson Tipo 3	163
Tabla 58 Caudales 1950-2019 Log Gumbel	165
Tabla 59 Tabla de distribución normal estandarizada para hallar el factor de frecuencia K de las distribuciones estadísticas (Normal, Log Normal 2 y 3 parámetros)	168
Tabla 60 Coeficiente X2 para la distribución Gamma 2 parámetros	169
Tabla 61 Tabla para hallar el factor de frecuencia K para la distribución Gamma 3 Parámetros y Log Pearson tipo 3	170
Tabla 62 Factor δ para hallar el error estándar de las distribuciones Gamma 2 y 3 parámetros.	171
Tabla 63 Tabla para hallar el delta tabular Δ_0 para la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov	172
Tabla 64 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 2 parámetros	173
Tabla 65 Parámetros Estadísticos	175
Tabla 66 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 3 parámetros	176
Tabla 67 Parámetros Estadísticos	178
Tabla 68 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma 2 parámetros	179
Tabla 69 Parámetros Estadísticos	181
Tabla 70 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Pearson tipo 3 y Parámetros Estadísticos	182
Tabla 71 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Gumbel	186

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> El Enrocado no tiene Uña de Protección contra el Volteo	2
<i>Figura 2.</i> La Continuidad del Enrocado	2
<i>Figura 3</i> Colmatación a lo largo del tramo en estudio	3
<i>Figura 4</i> Ubicación de la zona en Google Earth	4
<i>Figura 5.</i> Diferentes Métodos de representación de un DEM y un TDM: Curvas de nivel, red de triangulación y RASTER, fenercom.com, (2015).....	10
<i>Figura 6</i> Esquematación del perfil longitudinal y secciones transversales típicas de un Río, a lo largo de su recorrido ROCHA, (2013).	18
<i>Figura 7</i> Curva de Caudales Clasificados (izquierda) y características de un hidrograma (derecha) ,VIDE, (2003)	33
<i>Figura 8</i> Esquema de sección transversal de un Río aluvial en el que se indica el nivel de desborde o “bankfull”, Knighton 1984.....	34
<i>Figura 9</i> CriteRio Geométrico para estimar el nivel de desborde o bankfull, Knighton 1984	34
<i>Figura 10</i> Serie Histórica de Caudales promedios anuales. Villon, (2007).....	35
<i>Figura 11</i> Análisis doble masa para obtener los peRiodos de estudio (en este caso n1, n2, n3). Villon, (2007)	36
<i>Figura 12</i> Visualización del Calado	88
<i>Figura 13</i> Visualización de la Velocidad	89
<i>Figura 14</i> Distancia vs Velocidad sin corredor.....	90
<i>Figura 15</i> Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (Hec Ras)	91
<i>Figura 16</i> Calado 3D	92
<i>Figura 17</i> Vista de Calado Con Iber	94
<i>Figura 18</i> Velocidad sin Dique de Protección	95
<i>Figura 19</i> Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (IBER).....	96
<i>Figura 20</i> Sección Típica de Dique.....	110
<i>Figura 21</i> Calado con Dique de Protección	119
<i>Figura 22</i> Velocidad con Dique de Protección.....	120
<i>Figura 23</i> Distancia vs Velocidad con Dique de Protección	121
<i>Figura 24</i> Perfil de calado a lo largo del tramo con corredor (Hec Ras)	122
<i>Figura 25</i> Calado 3D con Dique de Protección.....	123
<i>Figura 26</i> Calado con Dique de protección	139
<i>Figura 27</i> Velocidad con Dique de Protección.....	140
<i>Figura 28</i> Calado de Puente Existente (Quirihuac)	141
<i>Figura 29</i> Perfil de Calado	142
<i>Figura 30</i> Vista de las Curvas de Nivel Original en AutoCAD Civil 3D	151
<i>Figura 31</i> Vista del DEM en ArcGis	152
<i>Figura 32</i> Creación de geometría en ArcGIS (Eje de Río, bancos, planicie de inundación, secciones)	191
<i>Figura 33</i> Ubicación de los puentes en ArcGis.....	192
<i>Figura 34</i> Valores de Manning Sector 1	193
<i>Figura 35</i> Valores de Manning Sector 2	194
<i>Figura 36</i> Valores de Manning Sector 3	195
<i>Figura 37</i> Valores de Manning Sector 4	196
<i>Figura 38</i> Valores de Manning Sector 5	197

<i>Figura 39</i> Valores de Manning Sector 6	198
<i>Figura 40</i> Valores de Manning Sector 7	199
<i>Figura 41</i> Importamos la geometría de ArcGIs.....	200
<i>Figura 42</i> Modelo aguas arriba Puente Quirihuac en HEC RAS	201
<i>Figura 43</i> Modelo aguas abajo Puente Quirihuac en HEC RAS.....	201
<i>Figura 44</i> Modelo aguas arriba Puente Fierro en HEC RAS	202
<i>Figura 45</i> Modelo aguas abajo Puente Fierro en HEC RAS.....	202
<i>Figura 46</i> Condiciones de Borde	203
<i>Figura 47</i> Caudal Requerido.....	203
<i>Figura 48</i> Vista de la topografía con los diques diseñados insertados	205
<i>Figura 49</i> Generación del DEM con los diques	206
<i>Figura 50</i> Valores de Manning Sector 1	207
<i>Figura 51</i> Valores de Manning Sector 2	208
<i>Figura 52</i> Valores de Manning Sector 3	209
<i>Figura 53</i> Valores de Manning Sector 4	210
<i>Figura 54</i> Valores de Manning Sector 7	211
<i>Figura 55</i> Valores de Manning Sector 6	212
<i>Figura 56</i> Calado en 3D con Diques Diseñados.....	213
<i>Figura 57</i> Creación de las Superficies	215
<i>Figura 58</i> Generación de la Malla en el Iber.....	216
<i>Figura 59</i> Vista Previa de la Malla Generada	217
<i>Figura 60</i> Refine de la Malla en Pilares del Puente.....	218
<i>Figura 61</i> Corrida del Modelo en Iber	219

INDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 1</i> Caudales Máximos Anuales.....	78
--	----

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de Investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

El río Moche está ubicado en la Región La Libertad, donde se extiende a lo largo de 102 km y que pasa por las provincias de Trujillo, Santiago de Chuco, Julcán y Otuzco.

En el Perú las lluvias son un tema recurrente todos los años, y en algunos se genera un problema mayor, el último que se registró fue el fenómeno del niño costero en 2017. Tanto la población como las autoridades no estuvimos preparados para tal suceso y a consecuencia de estos acontecimientos el Río moche sufrió muchos cambios en su recorrido, se desbordaron algunos tramos afectando, áreas extensas de sembrío, viviendas aledañas afectadas, hubo escasez de los recursos básicos e inundaciones.

A parte de este gran problema que se generó con el fenómeno del niño costero, cada año en los meses de alta lluvia en las zonas andinas de La Libertad los niveles del caudal del Río Moche son muy variables (aumentan en demasía) y esto afecta también a los sembríos y viviendas en la ciudad de Trujillo.

La falta de compromiso de las autoridades y el poco conocimiento de los pobladores generan desorden, tenemos muchas personas que cuentan con títulos de propiedad en zonas extremadamente peligrosas como son los alrededores de quebradas, ríos; zonas que deberían tener estructuras hidráulicas que protejan a la población y no viviendas que debiliten los bordes del Río Moche.

A lo largo del Río Moche entre el puente Quirihuac y el Puente de Fierro se observan problemas muy graves que son los siguientes:

- **Descolmatación del Río en una sección estable:** Se observó que a lo largo del Río moche pasando el puente Quirihuac tiene una sección estable que no genere algún tipo de riesgo para la población, pero las autoridades invirtieron recursos en descolmatar un tramo que no lo necesitaba.
- **Deficiencias en la construcción del enrocado en la margen derecha:** Se observó que la defensa ribereña tiene muchas irregularidades en su

construcción. En la *Figura 1*, el dique no tiene la uña y esto es indispensable en este tipo de estructuras para que tengan un funcionamiento efectivo.



Figura 1 El Enrocado no tiene Uña de Protección contra el Volteo

- **Existe tramos sin cauce definido:** El enrocado mencionado anteriormente no comprende todo el tramo de los puentes, a unos metros se puede observar en la *Figura 2* que la continuidad del enrocado termina y sigue un tramo que no está encausado.



Figura 2. La Continuidad del Enrocado

- **Colmatación de tramo cercano al Puente Fierro:** A lo largo del tramo donde se trabajará se pueden observar en la *Figura 3* los puntos críticos donde existe mucho relleno natural que fueron arrastrados y depositados por el agua; también que la vegetación es muy extensa a los costados del cauce.



Figura 3 Colmatación a lo largo del tramo en estudio

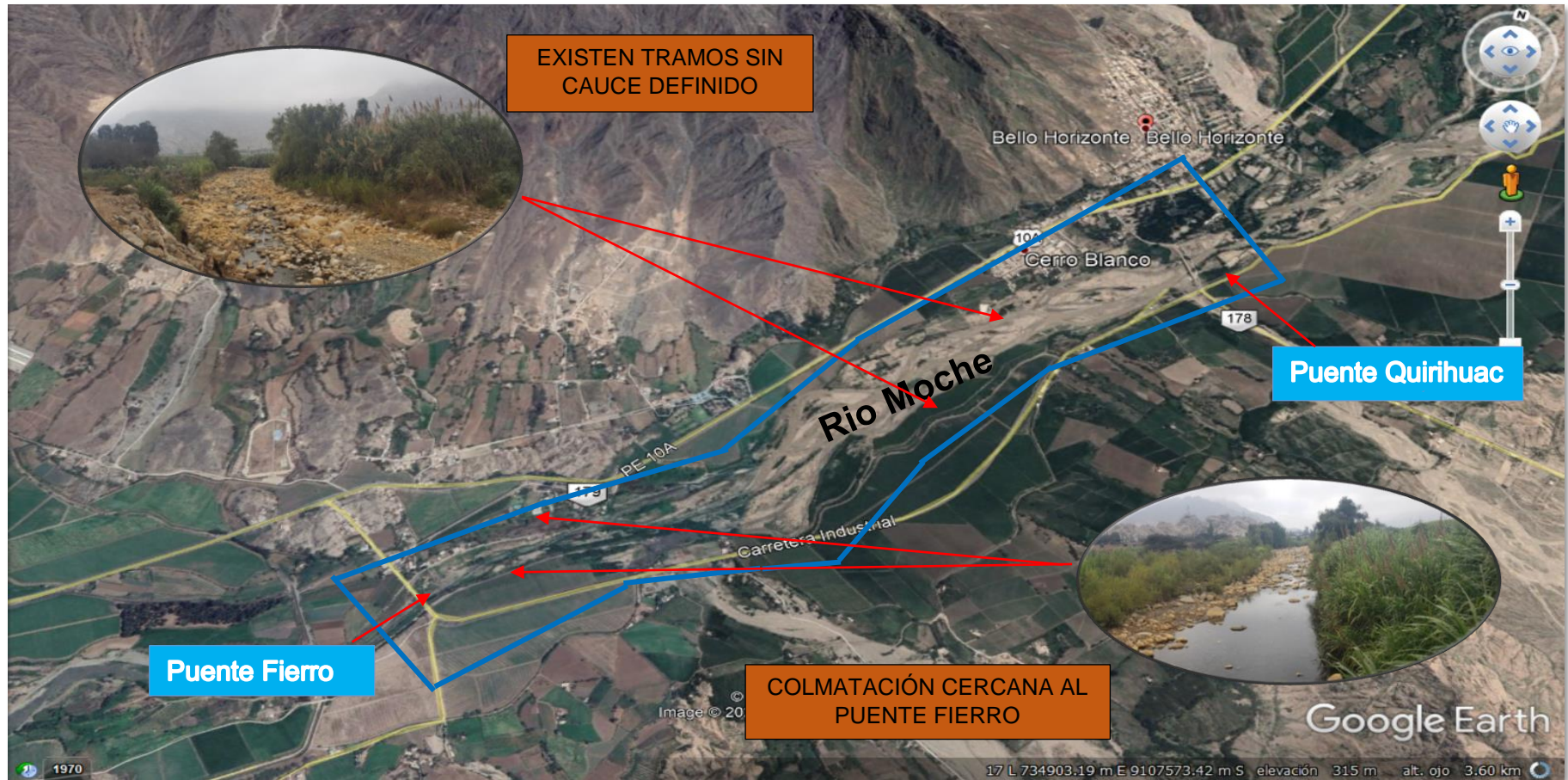


Figura 4 Ubicación de la zona en Google Earth

b. Formulación del Problema

¿Con el enrocado y los espigones a diseñar se dará solución a la existencia de tramos sin cauce definido y a la socavación de los estribos del puente Fierro y puente Quirihuac ante futuras avenidas extraordinarias?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Realizar el diseño de un enrocado del Rio Moche tramo Puente Quirihuac- Puente Fierro para prevenir y ayudar la transportación de futuras avenidas extraordinarias.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información existente de la zona de estudio.
- Realizar el levantamiento topográfico del tramo en estudio 3.5 km.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos del tramo en estudio.
- Realizar el modelamiento digital de la zona en estudio.
- Realizar el modelamiento numérico con el software HEC-RAS.
- Analizar la información hidrológica.
- Plantear una solución y/o mejora a los problemas encontrados.

1.3 Justificación del Estudio

La importancia de este estudio recae en poder verificar las características hidráulicas del Rio Moche del tramo Puente Quirihuac y el Puente de Fierro con el fin de obtener una alternativa a futuras avenidas del Rio.

El proyecto se justifica ya que a lo largo del Rio sufren cambios en la morfología del Rio que afectan a los cultivos y obras civiles que comprenden el tramo.

Por tanto, podremos señalar las zonas críticas del tramo puente Quirihuac con el Puente Fierro.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes de Estudio

2.1.1 A Nivel Internacional

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE MODELOS HIDRODINÁMICOS PARA REPRESENTAR FLUJOS EN CAUCES NATURALES”

AUTOR: OCHOA G. SANTIAGO

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA,
ARGENTINA

AÑO: 2014

Debido a que los fenómenos en flujos a superficie libre que ocurren en la naturaleza son de una complejidad tal que difícilmente pueden ser resueltos con métodos analíticos exactos; se busca aplicar modelos y simulaciones con la utilización de técnicas experimentales y numéricas que permitan la determinación de las variables que caracterizan el flujo en ríos. El flujo libre se presenta cuando los líquidos fluyen por la acción de la gravedad y solo están parcialmente confinados por un contorno sólido. En la predicción de las variables de flujo para diferentes condiciones tiene gran importancia el desarrollo de modelos y simulaciones numéricas hidrodinámicas con precisión adecuada que permiten la correcta planificación de obras. Se ha estudiado el uso de modelos analíticos en la solución de fenómenos de mecánica de los fluidos, que están basados en las leyes de conservación de masa, momento y energía. Según sea el grado de simplificación al que se pueda llegar, manteniendo el nivel de precisión y verificando un buen comportamiento de lo modelado respecto a la naturaleza, se tienen los esquemas hidrodinámicos unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales. En este trabajo se presenta la formulación, métodos de solución y metodologías en general para el desarrollo de modelos físicos y matemáticos en flujos a superficie libre. El sector de curso fluvial considerado para la aplicación es el de la confluencia del arroyo La Cañada y el río Suquía. La confluencia se encuentra localizada en el centro de la Ciudad de Córdoba que es la segunda concentración

demográfica de la República Argentina. Como parte de las investigaciones ejecutadas en este trabajo se utilizó el modelo físico de la confluencia construido en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional de Córdoba. Este modelo hidráulico se representó con fondo fijo a una escala de longitudes no distorsionada 1:40; en el cual se ha caracterizado experimentalmente el flujo por diferentes métodos. Además, se han implementado tres modelos numéricos (HEC-RAS, IBER y DELFT3D), los mismos se han calibrado y validaron con los datos medidos en el modelo físico. Con las consideraciones apropiadas para cada flujo, como por ejemplo la distribución espacial de la rugosidad; se llegó a la obtención de resultados en cada modelo hidrodinámico. En el escenario de estudio, se desarrolló un análisis de los efectos de escala producidos por el modelado experimental del flujo con una relación de longitudes modelo a prototipo de 1:40.

2.1.2 A Nivel Nacional

TITULO: “MODELO DE SOCAVACION EN LA BASE DEL PILAR DEL PUENTE MARISCAL CACERES”

AUTOR: ENRIQUEZ SOTO, AMADOR

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU

AÑO: 2013

La socavación es un proceso que resulta de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las márgenes de un cauce, haciendo que disminuya el nivel del río por el incremento de su capacidad de arrastre de sedimentos. Este proceso se da cuando hay un obstáculo, originándose un desequilibrio entre la cantidad de sedimentos aportados en una sección y la capacidad de transportar sedimentos fuera de ella. En esta investigación se pretende estudiar la socavación local en la base del pilar del puente mariscal Cáceres, con el objeto de determinar la influencia de los parámetros geomorfológicos, hidráulicos, geotécnicos y la geometría del puente en la socavación local en la base del pilar del puente Mariscal Cáceres, con tal fin se realizó un modelo hidráulico en HEC RAS que recrea las condiciones en las que se

produce la socavación. Los métodos utilizados fueron los de reconocimiento, recolección, analítico y aplicativo. Para obtener los parámetros geotécnicos se siguió los procedimientos especificadas por la norma ASTM y NTP. Para determinar los parámetros geomorfológicos y geometría del puente se siguió los procedimientos de medición directa con equipo en campo. Los datos hidrológicos se tomaron de los registros de la estación meteorología Stuart y procesados para periodos de retorno de 50 años, 100 años y 500 años. Finalmente se concluye que los parámetros geotécnicos específicamente el tamaño de las partículas de fondo es el parámetro de mayor incidencia en el cálculo de socavación. La presencia de partículas pequeñas en el lecho hace que exista mayor socavación, mientras que la presencia de material granular o bolones genera el acorazamiento del lecho haciendo que se reduzca considerablemente la profundidad de socavación.

2.1.3 A Nivel Local

TITULO: “VULNERABILIDAD DE ZONAS CRITICAS DE INUNDACIÓN CONSIDERANDO CAUCE NATURAL Y CAUCE MODIFICADO POR ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN PUENTE PUNTA MORENO AGUAS ABAJO TRUJILLO, 2018”

AUTOR: GUILLEN DUEÑEZ, MIRIAM & NAVARRO ARAUJO, ANTHONIN GIANFRANCO

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

AÑO: 2018

Las inundaciones son desastres naturales que en gran mayoría impactan en la población, infraestructura vial, obras hidráulicas de abastecimiento poblacional, agrícola y pérdidas económicas. La ocurrencia de eventos extremos asociados a crecidas de rios se viene incrementando en el Perú por la variabilidad climática. A partir del fenómeno el Niño del año 1997-1998, y los sucesos ocurridos durante los años siguientes, los terrenos de cultivos y la carretera carrozable, del tramo comprendido entre el tramo puente Punta Moreno – 10km aguas abajo, vienen sufriendo continuamente daños por socavación e

inundación provocadas por las corrientes del Rio Chicama, que originan grandes pérdidas económicamente a los agricultores de la zona, con pérdidas de terrenos agrícolas y erosión de la infraestructura de riego y vial existente con la consiguiente interrupción del tráfico de carga y pasajeros. En la actualidad existen muchos métodos para predecir inundaciones como los sistemas de información geográfica que es usada para diagnosticar sitios de posibles desbordes y planificar acciones para mitigar la ocurrencia de inundaciones, integrando modelos hidráulicos e hidrológicos. El presente trabajo de investigación se realizó el estudio de hidráulica fluvial del Rio Chicama utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de análisis hidráulico y modelamiento espacial para evaluar la vulnerabilidad ante posibles inundaciones en un tramo del Rio 10+000 km aguas abajo desde el puente punta moreno. Para ello se integró el software de análisis hidráulico HEC-RAS 5.0.3 y el software SIG ARCGIS generando como resultado mapas de zonas inundables para eventos de máximas avenidas para diferentes peRiodos de retorno de 10,25,50 y 100 años donde se puede visualizar y cuantificar la magnitud de la inundación. Se analizó con peRiodos de retorno 10,25,50 y 100 años con caudales de 517.54, 806.39, 1083.03 y 1420.42 metros cúbicos por segundo respectivamente. Se obtuvieron hectáreas de inundación de 112.61, 135.14, 162.17, 194.60 has para los peRiodos de retorno analizados. Con el planteamiento de a defensa ribereña proyectada podemos garantizar la protección adecuada de la vía principal a la provincia de gran chimú y las áreas agrícolas aledañas a las márgenes del rio Chicama.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Modelo Digital de Elevación (DEM)

Los modelos son creados partiendo de una nube de puntos y por siguiente es procesada por un software. Por siguiente se generan datos que se transfieren a un programa CAD que tiene la capacidad de georreferenciarlo. (fenercom.com, 2015)

El Modelo Digital de Elevación (DEM) simboliza, mediante capas que en este caso sería la capa Ráster, todas las características de la superficie como el relieve, todo lo que se puede encontrar en el modelo tales como infraestructuras, edificaciones, vegetación, etc. Por el contrario, el Modelo Digital del Terreno (MDT) solo simboliza la superficie del relieve son contar con lo representado anteriormente en el DEM. Por consiguiente, se debe trabajar con la superficie DEM y/o modificar eliminar todo punto que tomen objetos irrelevantes. Existen 3 maneras para representar estos modelos para simplificar la información (fenercom.com, 2015):

- Las **curvas de nivel** son líneas que unen puntos con la misma altura siendo los intervalos generalmente constantes. (fenercom.com, 2015)
- Otro sistema es de las **redes irregulares de triangulación**. Se crea a partir de la triangulación de un conjunto de vértices que forman una red de vectores conectados. Este método de representación ralentiza el proceso y no aporta mucho a la hora de analizar el terreno. (fenercom.com, 2015)
- Por último, también se puede representar con formato de **Ráster**. Este formato es más cómodo ya que permite visualizar las diferentes altitudes en diferentes gamas de color. (fenercom.com, 2015)

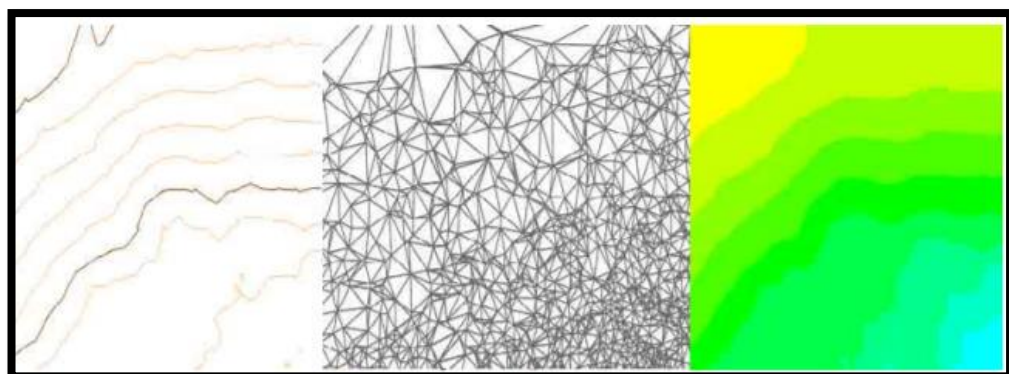


Figura 5. Diferentes Métodos de representación de un DEM y un TDM: Curvas de nivel, red de triangulación y RASTER, fenercom.com, (2015).

2.2.1.1 Fotogrametría

A grandes rasgos la fotogrametría mide a partir de fotografías, adquiriendo información sobre la geometría del objeto en estudio. A partir de este punto se trabajan con varias fotografías de la zona en común

para tener una información tridimensional. Como resultado de estos procesos la fotogrametría es el proceso de medición de coordenadas 3D, que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición. (fenercom.com, 2015)

Al procesar toda la data en los softwares apropiados obtendremos una nube de puntos que generaran el Modelo Digital del Terreno DTM. (fenercom.com, 2015)

El trabajo con drones es actualmente un modo rápido para la obtención de los datos de campo, esto genero también negativamente el trabajo de los topógrafos afirmando que los pueden reemplazar en los trabajos de campo, en algún punto del tiempo esto podrá sucedes pero en la actualidad la precisión es aún muy irregular superando los tal vez en un futuro cercano se logre, pero por lo pronto se ha demostrad cm en condiciones accesibles, agregando a esto la precisión en coordenadas (Z) de los sistemas GPS que actualmente no es tan alta como en (X,Y). (fenercom.com, 2015)

Actualmente el uso de drones en la construcción es muy requerido para obtener precisiones aceptables para la realización de estudios preliminares para ejecutar proyectos de infraestructura, estos requieren bastante mano de obra de Topografía convencional para relevar superficies y detalles, teniendo en cuenta que estos estudios pueden cambiar en búsqueda de alternativas y trazados, los Drones son herramientas que aceleran bastante algunos procesos. (fenercom.com, 2015)

2.2.1.2 Levantamiento Topográfico

Estos trabajos son muy esenciales para trabajos que requieran los ingenieros, determinan la localización de muchos proyectos (camino, ferrocarriles, puentes, etc). Los levantamientos se hacen para determinar la configuración (relieve) de la superficie de la tierra, localizando los accidentes naturales y artificiales; para luego

representarlos en un papel denominándose plano topográfico. (Conde Ricse, 1989)

2.2.1.2.1 Equipos Topográficos

En el presente trabajo se propone al Dron y a la Estación Total como equipos topográficos a ser utilizados en el levantamiento.

A. Estaciones Totales

Son equipos que combinan un teodolito electrónico con un medidor electrónico que tiene su correspondiente microprocesador. Así, con una estación total se puede obtener la longitud y la dirección de cada visual en forma muy exacta y muy rápida. Además, el microprocesador generalmente sirve para calcular los componentes horizontal y vertical de la distancia, lo mismo que para hallar el azimut de la visual y, con ellos, las coordenadas horizontales y vertical del punto buscado. (Torres Nieto & Villate Bonilla, 2000)

B. Dron

La terminología “DRONE” proviene del inglés, y su significado original es “ZÁNGANO” o “ABEJA MACHO”. También la expresión dron denomina el zumbido de estos insectos. El término dron remplace de forma coloquial a las iniciales “UAV” Los “UAVs” (Unmanned Aerial Vehicle). Se definen como vehículo sin tripulación, reutilizable, capaz de mantener un nivel de vuelo controlado, sostenido y propulsado por motores de propulsión. Los misiles de crucero no son considerados UAVs ya que no son reutilizables En España han adquirido el nombre de “VANTs”. Vehículo Aéreo No Tripulado traducción del inglés de “UAV”. (Ruipérez Martín)

2.2.1.2.2 Etapas

2.2.1.2.2.1 PLANIFICACION

Son actividades, decisiones y partidas anticipadas, su objetivo el llevar de manera ordenada y secuencial la labor topográfica para garantizar la construcción de un mensaje geoespacial veraz (fiel

y confiable) ...bajo un régimen de alta eficiencia técnica y económica. (Swanston, 2006)

Esta etapa es muy importante para la realización un plan de actividades para que se puede realizar las actividades con los recursos previstos. (Pachas L., 2009)

B. Señalización

La señalización es un hito muy importante para el levantamiento, se visualiza con mayor importancia los puntos de control u otro cualquier punto de importancia. (Swanston, 2006)

C. Planeación y ejecución de vuelo

Existen muchas aplicaciones móviles para planear vuelos de drones. La elección de la más adecuada dependerá siempre del objetivo del proyecto y de la marca del dron. (GeodronesMx, 2020)

Importante considerar para la ejecución del vuelo:

Los elementos más importantes al planear un vuelo fotogramétrico son muy flexibles gracias a las aplicaciones móviles, sin embargo, es muy importante conocer el fundamento fotogramétrico que permita llevar a cabo un buen trabajo. (GeodronesMx, 2020)

Los procesos de planificación de rutas para la cobertura de un área objeto deberán dar como resultado una secuencia de waypoints que permita barrer al 100% la región asignada. (Santana Cruz, 2017)

Cuando realizamos la asignación de tareas, lo hacemos tomando en cuenta las características y capacidades de las aeronaves, y asumiendo ciertas condiciones del entorno donde se llevará a cabo la misión. Sin embargo, en ciertas ocasiones ocurren imprevistos que pueden poner en peligro la viabilidad de la misión. (Santana Cruz, 2017)

D. Captura de datos

Es la acción de recopilar la data de las magnitudes que se necesita para el cálculo de las coordenadas de los puntos levantados, se obtienen con un GPS y la Estación Total. El proceso se inicia con el posicionamiento de los puntos de control, que serán tomados como los puntos de referencia para la orientación de la estación total; se capturan los puntos y se finaliza con su detallado. (Pachas L., 2009)

2.2.1.3 Procesamiento de datos y generación del DEM

2.2.1.3.1 Softwares

A. Agisoft Photoscan

El funcionamiento de este software es procesar imágenes digitales mediante técnicas de fotogrametría digital que generara la reconstrucción del Modelado en 3D. (Agisoft, 2020)

B. Autocad Civil 3D

Es un software que tiene innumerables usos como descargar, crear, analizar y ajustar los datos del levantamiento topografico. (Autodesk, 2016)

Las herramientas de análisis, como los mínimos cuadrados, permiten realizar ajustes en las redes de topografía y en poligonales individuales. (Autodesk, 2016)

2.2.1.3.2 Etapas

A. Importación de Imágenes

Importaremos las fotografías obtenidas con el dron mediante el programa Agisoft Photoscan, en el panel de trabajo encontraremos un botón llamado “add photos” cliqueamos y empezamos a seleccionar la carpeta de imágenes que necesitamos y después empezamos a cargarlas. (Esri, 2016)

B. Orientación de Imágenes

Corresponde al cálculo de la Orientación Interna Fotogramétrica, generando una nube de puntos 3D dispersa de correspondencia entre imágenes. Esta analogía de puntos, el software la lleva a cabo de forma interna, por correlación de píxeles homólogos, en función de las características de color de los mismos. Esta orientación se optimiza según una serie de puntos de paso, seleccionados manualmente y que ayudan y mejoran el cálculo y ajuste interno. (Esri, 2016)

C. Orientación Absoluta

Puede llevarse a cabo mediante puntos de control de los que se conocen las coordenadas X,Y,Z. A partir de una buena distribución de dichos puntos, se obtendrá un modelo trasladado, girado y escalado al Sistema de Referencia deseado, Modelo Georreferenciado. (Esri, 2016)

D. Creación de Nube de Puntos Densa

A través del software específico de tratamiento de imágenes se genera una nube de puntos 3D, con diferentes posibilidades de calidad en función del tipo de trabajo, uso o entregable a obtener. (Esri, 2016)

E. Creación de Malla

Basándose en la anterior nube de puntos, se genera una malla o triangulación con características propias en función de la aplicación y uso final del producto. (Esri, 2016)

F. Creación de Textura

Corresponde a una texturización de la malla anterior, basándose en las imágenes obtenidas en el proceso inicial y adaptando colores y formas al terreno. (Esri, 2016)

G. Creación de Orto mosaico

Un Orto mosaico es un producto de imagen georreferenciado organizado como mosaico a partir de una colección de

imágenes en el que la distorsión geométrica se ha corregido y orto-rectificado. (Esri, 2016)

2.2.2 Hidráulica Fluvial

2.2.2.1 La Ingeniería de ríos

La ingeniería de Ríos nos proporcionara la enseñanza de cómo trabajar con los ríos y a contrarrestar sus principales características y desplazamientos continuos, pues lo más representativo de un Río es su dinamismo, el que debe comprenderse cabalmente para poder realizar su aprovechamiento y control. Nos enseña también a manejar las enormes cantidades de agua y de sólidos que llevan los ríos y a tratar de comprender su flujo tridimensional y sus corrientes secundarias, tan diferentes de lo que encontramos en la mayor parte de las formulas de la hidráulica de canales, las que son idealizaciones de la realidad. (ROCHA FELICES , 2013).

Cada río es diferente a los otros. Los hay grandes y caudaloso que parecen tener inacabables cantidades de agua. Los hay muy pequeños y de escaso caudal. Los hay de flujo permanente y los de descargas eventuales (efímeros). Cada río, al igual que cada hombre, tiene su propio comportamiento y sus peculiaridades que lo hacen único. Solo con muchas reservas se puede hablar de “ríos típicos”. Este conocimiento de la singularidad fluvial resulta muy importante, por ejemplo, al diseñar un puente que interactúa con un Río. El conocimiento de los ríos resulta ser fundamental para comprender y manejar los problemas que surgen entre los ríos y las obras viales, cuando las segundas se acercan a los primeros. (ROCHA FELICES , 2013).

Los ríos son los elementos naturales de drenaje de la cuenca y, además de agua, llevan solidos que son producto de la erosión de la cuenca. El algún lugar los ríos también llevan hielo. Además de estas funciones naturales los ríos tienen, en algunos lugares como en el Perú, una función no natural que crea enormes dificultades para su aprovechamiento: eliminar y evacuar desperdicios, residuos sólidos (basura), relaves mineros, desmonte, derrames de petróleo,

compuestos químicos diversos usados en la producción de drogas, plásticos, troncos de árboles, ramas, animales muertos, palizadas y otros cuerpos extraños. (ROCHA FELICES , 2013).

2.2.2.2 Morfología fluvial

Corresponde al estudio de todo tipo de cambios que se generaran en el Rio, tanto en su recorrido (perfil longitudinal), como en su sección transversal (lechos y márgenes). Sin embargo, debemos entender que a la Morfología Fluvial principalmente le interesa de cómo ha llegado a su estado actualmente, explicar cómo se ha llegado a este punto y mas no a estudiar la forma actual del Rio. (ROCHA FELICES , 2013).

Tenemos muchos factores que tenemos que tomar en cuenta para estudiar la evolución de las formas fluviales. Este punto es importante en el diseño hidráulico. (ROCHA FELICES , 2013).

Su comportamiento esta asociado a su topografía, condiciones geológicas. El desarrollo de un rio y las formas que adopta son diferentes en una zona plana y en una zona de fuerte pendiente. (ROCHA FELICES , 2013)

Pero un factor que no es natural pero que si muy importante en el comportamiento fluvial son generadas por las acciones de los humanos. La construcción de presas, barrajes, puentes, encauzamientos, obras de defensa y otras, producen alteraciones fuertes en el escurrimiento fluvial. Este tipo de estructuras que son construidas a lo largo de los rios tienen que evaluarse a la luz del hecho de que el equilibrio fluvial es inestable. (ROCHA FELICES , 2013)

A. Curso de agua

todos los rios presentan un lecho móvil, con varios canales que se unen y separan. El tiempo de escurrimiento es perenne, con pendientes fuertes; de gran tamaño con un lecho principal de 2 km y otros de menor tamaño; y en cuanto a su aspecto pueden tener un lecho único o dividido por tipo de rios que se presentan en zonas planas con energía de agua bastante baja. Los torrentes o cursos de agua son variados con respecto a su longitud, con pendientes variables y regímenes variados, según las épocas de estiaje y de máximas avenidas. Los rios invaden continuamente las terrazas, son un simple cambio de nivel se generará otro lecho de agua insignificante pero visible. Por los procesos de sedimentación, este lecho se levanta y el torrente pasa a ocupar otro lecho hasta formar su cono de proyección. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

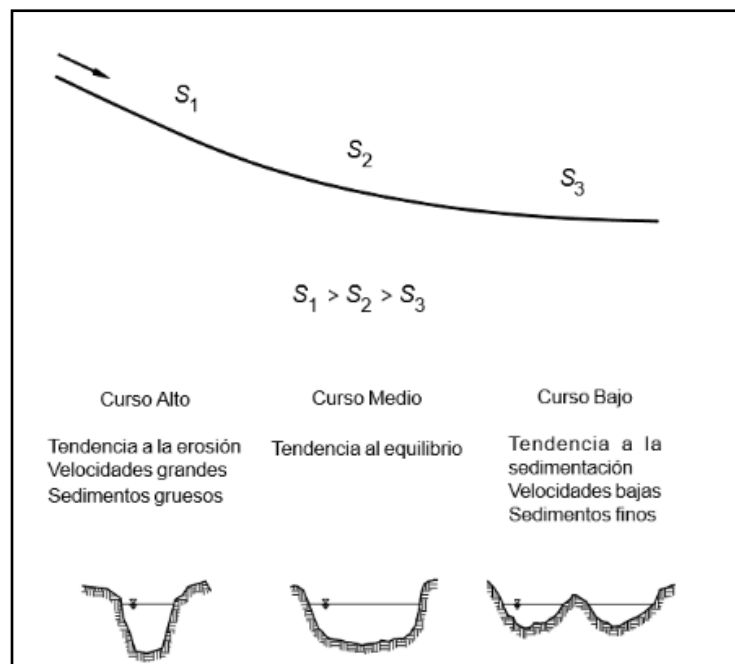


Figura 6 Esquematación del perfil longitudinal y secciones transversales típicas de un Río, a lo largo de su recorrido ROCHA, (2013).

B. Tipo de flujo

En temporadas de avenidas, cuando los ríos se encuentran con caudales mayores se pueden destacar los tipos de flujo que son los que determinan los desplazamientos o modificaciones del lecho. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

El flujo de un Río, por la oscilación de la concentración del mayor caudal de un punto determinado, puede ser central y lateral.

- **Flujo central**

Este tipo de flujo es el que genera la erosión en un punto y la sedimentación en el lado contrario. Es turbulento e irregular en dimensiones, motivado por el grado de sedimentación y tipo del lecho. El tirante máximo se moviliza en forma continua y erosiona en el sentido que tome o inunde. En cambio, cuando la sedimentación es rápida y bastante fuerte, es brusco. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

- **Flujo lateral**

Con respecto al flujo central es erosivo en menor intensidad, genera sedimentaciones llamadas deposición. Puede considerarse que un flujo lateral bajo ciertas condiciones especiales de pendiente y nivel con respecto al área agrícola sea bastante erosivo, y puede llegar a ser un flujo central. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

C. Tipo de lecho

Es el espacio o área que será ocupado por el curso del agua. El lecho temporal es un álveo determinado por dos orillas de catos rodados o vegetación. Los materiales pueden ser rocas o materiales transportados por el río. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

Los rios presentan lechos de inundación recubiertos por aluviones en extensiones variables. El lecho temporal no tiene vegetación y casi en toda su dimensión se encuentra mucho canto rodado, y es de amplitud variable. El canal de estiaje ocupa una pequeña parte del lecho ordinario, no está limitado por orillas bien definidas, y tiene curso sinuoso en el lecho aparente, lo cual varía sustancialmente en avenidas, donde el lecho se desplaza o moviliza. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

Las orillas son representadas con zonas con mucha vegetación , la amplitud del lecho se reduce en unas zonas más que en otras. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

En la zona de estiaje la mayor profundidad se encuentra en las curvaturas. En las partes rectas que atraviesa entre curva y curva son menos profundas. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

El material del Rio es en abundancia canto rodado, de formaciones geológicas de diferente constitución, así mismo se puede observar los diferentes grados de transporte y rodamiento en el análisis de sus bordes. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

La movilización del lecho varía con el tiempo y según los caudales en épocas de avenidas. Esto se debe a que no tiene estructura alguna que le reste amplitud de cauce y lo defina, estabilizándolo, a este caso se le llama lecho móvil. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

2.2.2.3 Clasificación Morfológica de los rios

Los rios (régimen hidrológico) están relacionados con las características de las cuencas y las precipitaciones. Siempre se relaciona el caudal del Rio con las precipitaciones más cercanas y esto genera una falsedad, y esta es directamente la realidad hidrológica más importante de los rios. Conviene señalar que en otros

casos la fusión de las nieves explica el régimen del río. En los ríos tropicales el régimen tiene una fuerte y regular estacionalidad, se tiene un período extenso de aguas altas que se espera cada año. Las aguas subterráneas explican la permanencia de un caudal base de un río durante un período seco y a la inversa la infiltración a través de un cauce permeable explica que los ríos se sequen. (VIDE, 2003).

Un canal y un río se parecen en cuanto tiene una superficie. Pero, existen grandes diferencias entre ambos. Algunas como que los canales tienen secciones invariables totalmente diferentes a los ríos que tienen anchos indefinidos y los confinados. Los ríos aluviales son aquellos cuyo lecho está formado por materiales que han sido transportados por el río y que pueden volver a ser transportados por él. Los ríos aluviales o de ancho indefinido están cambiando constantemente de posición y forma. (ROCHA, 2013)

2.2.2.3.1 Por su edad

A. Ríos Jóvenes:

Principalmente son el estado inicial de los ríos, cuando y agua forma su curso inicial son irregulares. Sus materiales son fracturados. Ejemplo típico: torrentes de montaña. (ROCHA, 2013)

B. Ríos Maduros:

Su sección transversal se amplía, el valle es más amplio, la pendiente disminuye. El río está en estado de equilibrio o próximo a él. (ROCHA, 2013)

C. Ríos Viejos:

Su estado es más avanzado de desarrollo, su pendiente sigue en disminución, su ancho aumenta. El río se encuentra en un estado confinado, controlado. Hay un uso intensivo de todo el valle. Hay desarrollos urbanos, agrícolas e industriales importantes. (ROCHA, 2013).

2.2.2.3.2 Por su Morfología

A. Rios Rectos:

No existen rios de este tipo en la naturaleza, lo que puede suceder en un sistema de encauzamiento recto, que son constituidos por diques paralelos, pero dentro de él, para caudales menores que el de diseño, el rio desarrolla su propia sinuosidad. (ROCHA, 2013)

B. Rios Entrelazados:

Llamados trenzados. Son rios anchos de pendiente fuerte, da lugar a pequeños tirantes (calados), el Rio fluye en forma de varios canales o brazos alrededor de pequeñas islas. (ROCHA, 2013)

C. Rios Meándricos:

Son un tipo de sucesión de curvas que forman este tipo de rios. La característica de estas curvas, que son muy dinámicas, es que no se deben esencialmente a las propiedades del terreno, sino a la naturaleza del comportamiento fluvial. (ROCHA, 2013).

2.2.2.4 Riberas

Las riberas son Bienes Naturales Asociados al Agua y están definidas en el “Reglamento de la Ley de Recurso Hídricos”, el que señala que son: “Las áreas de los rios, arroyos, torrentes, lagos, lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el que éste alcance en sus mayores avenidas o crecientes ordinarias.” (Ley de Recurso Hídricos, 2009, Art. 111°). El Reglamento no precisa o define qué debe entenderse por “mayores avenidas” o por “crecientes ordinarios”, lo que, como se señaló antes, si ocurre en las legislaciones de algunos países. Sin embargo, el Reglamento da algunos criterios para delimitar las riberas (Art. 112°). Ellos son:

- “Nivel medio de las aguas, tomando para tal efecto periodos máximos de información disponible”.
- “Promedio de máximas avenidas o crecientes ordinaria que se determina considerando todas las alturas de aguas que

sobrepasen el nivel medio señalado en el literal anterior”.
(ROCHA, 2013)

2.2.2.5 Fajas Marginales

En el Perú los conceptos referidos a las fajas marginales están definidos en el “Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos” y en el “Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales”, aprobados por la Autoridad Nacional de Agua. (Autoridad Nacional de Agua, 2014).

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece que las fajas marginales “Son bienes de dominio público hidráulico” y que ellas “Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales.” (Ley de Recursos Hídricos, 2009, Art. 113.1°) y añade que sus “dimensiones en una o ambos márgenes de un cuerpo de agua son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, de acuerdo con los criterios establecidos en el Reglamento, respetando los usos y costumbres establecidos” (Ley de Recursos Hídricos, 2009, Art. 113.2°) este concepto se aplica tanto en las áreas rurales como en las urbanas.

2.2.2.6 Las Avenidas

Llamadas crecientes, riadas o aluviones, es el producto de la combinación de unas condiciones hidrometeorológicas y la mano del hombre no puede realizar ningún acto para impedir las. (ROCHA, 2013)

2.2.2.6.1 Tránsito de Avenidas

La avenida es el fenómeno natural de la crecida de un río y por ello una de las manifestaciones del llamado movimiento variable en lámina libre (o no permanente en el tiempo). El tránsito es el modo que viaja la avenida aguas abajo. Los cauces y los lechos, así como estructuras existentes experimentarían las mayores acciones y los cambios durante las avenidas. (VIDE, 2003).

2.2.2.7 Defensas Ribereñas

Los ríos de la costa y sierra del Perú se caracterizan por ser caudalosos en la época de avenidas o lluvias (enero, febrero y marzo) y de poco caudal en la época de estiaje (abril a diciembre); siendo necesario el conocimiento y aplicación de medidas de prevención y control de la erosión de los cauces de los ríos a fin de prevenir inundaciones.

Las defensas ribereñas son estructuras que ayudaran a generar medias de protección y control de la erosión e inundaciones de los ríos, estos facilitan la ejecución de estructuras y obras que permiten proteger la infraestructura vial (carreteras, puentes, vías férreas, etc.), la infraestructura hidráulica (tomas, bocatomas, centrales hidroeléctricas.), centros poblados y áreas de producción agrícola. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

2.2.2.7.1 Medidas de Prevención y Control de Erosión en los Cauces de los Ríos y Riberas

Son un grupo de medidas que solucionarían problemas generados por la energía erosiva del agua. Entre ellas se tiene: medidas agronómicas y medidas estructurales. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

2.2.2.7.1.1 Medidas Agronómicas

A. Defensas vivas naturales

Son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del Río. Constituido por variedades de árboles y arbustos de buena densidad dispuestos en ambos márgenes del lecho del Río, manteniendo un ancho entre 30- 40 m, lo cual, en cierta manera, constituye una garantía de su protección. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

B. Defensas vivas forestales

Se realiza la plantación de arbustos y árboles que se realiza después de determinar la sección estable del Río. Su

densidad depende de las características de las especies. Esta plantación se efectúa en sectores críticos, o como complemento a las estructuras o defensa artificial. El ancho de plantación en cada margen varía de acuerdo a las características del Río, por lo general de 10 a 30 m. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

2.2.2.7.1.2 Medidas Estructurales

Son estructuras diseñadas bajo los principios de la ingeniería, tomando en cuenta la hidrología e hidráulica fluvial. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

En la hidrología, necesitamos la data de registros hidrológicos y su frecuencia. Por lo general se recomienda 50 años de registro, anteriores al año de ejecución, para determinar el periodo de retorno y la descarga máxima de diseño. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

En hidráulica, necesitamos datos como la pendiente, sección estable, tirante, sedimentación, socavación, etc. Elementos básicos para realizar el diseño de la estructura. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

Los tipos de estructuras más utilizadas en la previsión y control de la erosión en las riberas de los ríos son:

A. Permanentes

Son estructura que se realizan usando concreto armado, ciclópeo, rocas y/o gaviones. Su diseño y ejecución requieren conocimientos y experiencia especializados. Se emplean para prevenir y controlar la erosión hídrica de terrenos de cultivo y otros efectos, desviando el flujo del agua y encauzado de Río en los sectores críticos. Estas estructuras son: (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

- **Diques enrocados**

Se conforman sobre la base del material del Rio de forma trapezoidal y con un revestimiento de rocas en la cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presenten flujos de agua que actúen con gran poder erosivo. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

- **Enrocado con roca de volteo**

Se revisten con rocas pesadas al volteo o se coloca de forma directa por la maquinaria, pudiendo ser en forma parcial, solo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

- **Enrocado con roca colocada**

La roca es colocada con la maquinaria requerida. El volumen de roca empleado es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

- **Estructuras de concreto**

La base de construcción es el concreto y sirven para la protección contra la erosión. Sobresalen, dentro de estas obras, los muros de encauzamiento. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

- **Gaviones**

Constituye una red de maya hexagonal tejida a doble torsión, son estructuras flexibles. El alambre galvanizado tiene un recubrimiento plastificado que debe garantizar una vida útil adecuada del alambre. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

B. Temporales

Su construcción es temporal exactamente para un periodo de avenidas, su característica principal es el costo que está por debajo de las permanentes, y su construcción no requiere de mayor especialización. Su finalidad es desviar el flujo del agua de los terrenos de cultivo. Dentro de estas estructuras temporales se tiene: (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

- **Espigones**

Son la de mayor eficacia de este tipo. Son la acumulación de material de Rio que se colocan de forma trapezoidal, revestidas con roca pesada y construidas con empleo de maquinaria. Los espigones vas dispuestos en forma perpendicular o paralelos al flujo del Rio, con longitudes variables de 50 a 100 m y espaciamientos entre sí de 50 a 200 m; en ese caso se dominan deflectores disipadores. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

- **Rayados o terraplenes**

Es la acumulación de material con una tractor oruga, este desvía el flujo y protege los terrenos urbanos o cultivos. El material arrimado generalmente toma la forma trapezoidal con dimensiones de 15 m de base mayor por 4 m de corona y alturas variables de 2,0 a 2,5 m en función del caudal, y sección estable. El material acumulado no es compactado. En otros casos solo se acumula frente a los terrenos de cultivo, tratando de profundizar el cauce. La ejecución la puede realizar las autoridades o los mismos agricultores. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000).

2.2.2.7.1.3 Hidrología aplicada a defensas ribereñas

A. Características generales del río

Los ríos costeros tienen similares condiciones hidrológicas entre ellos, tienen gran variación de caudal durante el año y gran caudal en épocas de avenidas, notándose diferencias en el grado de cimentación y el tipo de sedimentos por la naturaleza de las mismas cuencas. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

B. Descargas máximas

Es importante recabar toda la información de descargas de las estaciones confiables, que correspondan a cada año. El periodo de máximas descargas se da por lo general en los meses de enero a marzo y, excepcionalmente, en abril, y es debido a las precipitaciones de la parte media y alta de la cuenca, que definen el periodo de avenida. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

2.2.2.7.1.4 Hidráulica en la protección de cauces y riberas

A. Formas de encauzamiento

La función de los encauzamientos es proteger las áreas de cultivo, poblaciones, infraestructuras, industrias, etc. A fin de evitar desborde del Río y la erosión, esto por el producto de las avenidas normales o extremas en función al desplazamiento del lecho del Río. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

A menudo este es sobre la base del material arrimado de Río, revestido con roca pesada en su cara húmeda, pudiendo ser otra estructura en función a la disponibilidad de materiales, recursos económicos y cercanías a canteras, caso gaviones, muros de concreto, etc. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016).

B. Longitud y ubicación de encauzamiento

Identificando los puntos críticos, se empieza a ubicar la zona de encauzamiento para la recuperación de áreas de cultivo que forman parte del cauce por erosión, desplazamiento, y la amplitud del cauce que permite controlar el tirante de la máxima avenida, se determina la longitud necesaria y la ubicación del encauzamiento para cubrir las necesidades actuales. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016).

Con la determinación de la sección estable, se controlará el desplazamiento del lecho del Río, para que consecuentemente se tenga el flujo central de una caja interior y con su misma energía. (Vásquez, MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS , 2016)

C. Sección estable de un Río o amplitud de alcance

Existen varios métodos de cálculo de la sección estable del lecho del Río. Se considera que las condiciones de los ríos requieren de una observación directa. En tal sentido, sobre la base de ensayos en este tipo de ríos de la costa, se puede establecer una sección representativa para un Río promedio. Es recomendable en condiciones de valle, verificar el ancho estable, como el caso de zonas forestadas, y en base a esto efectuar los cálculos de los otros parámetros. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

D. Profundidad de socavación

Es uno de los parámetros más importantes dentro del diseño de las estructuras de defensas ribereñas, sobre todo en las de carácter permanente, pues esta define la profundidad de cimentación y su cálculo está referido a la máxima descarga, pendiente de Río, tipo de suelo, sección estable, velocidad de flujo. Su cálculo y aplicación garantiza la estabilidad de la obra. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

E. Altura de la estructura

Está en función de la máxima descarga y se calcula hidrológicamente para un periodo de retorno mayor a los 200 años, para una sección determinada, para un tirante para la máxima avenida, más la altura de energía y factor de onda y viento. Su cálculo evitara el desborde por encima de la estructura. (Vásquez, Manejo de Cuencas Altoandinas, 2000)

2.2.2.8 Inundación

Es el desborde de las aguas del Rio que cubren los terrenos adyacentes. Suele ocurrir en épocas de lluvias intensas, marejadas y en caso de tsunami. (Indeci, 2016)

2.2.2.8.1 Tipos

A. Inundaciones estáticas

Cuando existen lluvias persistentes, se produce el aumento del caudal y del Rio hasta superar su capacidad esto a la vez generara su desborde, inundando áreas planas cercanas al mismo, a estas áreas se les denomina llanuras de Inundación (Indeci, 2016)

B. Inundaciones dinámicas

Sucedde en rios que tienen cuencas que presenta fuertes pendientes, por lluvias intensas. Las crecidas de los rios son repentinas y de corta duración. Por ejemplo: Los rios de la Cuenca del Océano Pacifico (La Leche, Tumbes, etc.) (Indeci, 2016)

2.2.2.9 Flujo en Canales Abiertos

El flujo en canales abiertos corre a través de un canal con una superficie libre, tal como la superficie en un rio o en un tubo parcialmente lleno.

2.2.2.9.1 Tipos de Flujos

2.2.2.9.1.1 Según el Tiempo

A. Flujo Permanente

Se dice que el flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área, etc.), no cambian con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes.

B. Flujo No Permanente

Se dice que el flujo en un canal abierto es no permanente si los parámetros cambian con respecto al tiempo. En la mayor parte de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes.

2.2.2.9.1.2 Según el Espacio

A. Flujo Uniforme

Se dice que el flujo en canales abiertos es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en cada sección del canal.

B. Flujo Variado

El flujo es VARIADO si la profundidad de flujo cambia a lo largo del canal.

- **Flujo Rápidamente Variado**

El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias cortas, como es el caso del resalto hidráulico.

- **Flujo Gradualmente Variado**

El flujo gradualmente variado es aquel en el cual los parámetros cambian en forma gradual a lo largo del canal, como es el caso de una curva del remanso.

2.2.2.9.1.3 Según la Viscosidad

A. Flujo laminar, turbulento o transicional

El flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación de la inercia.

2.2.2.9.1.4 Según el Número Froude (Fr)

$$Fr = \frac{V}{(\sqrt{gD})} \quad (1)$$

$$D(\text{Profundidad Hidráulica}) = \frac{\text{Area mojada}}{\text{ancho superficial}} \quad (2)$$

A. Flujo Sub crítico

El valor de $Fr < 1$

B. Flujo Crítico

El valor de $Fr = 1$

C. Flujo Supercrítico

El valor de $Fr > 1$

2.2.3 Estudio hidrológico

La hidrología fluvial es el estudio de la secuencia en que se representan los caudales de un Río y hablamos de régimen hidrológico para referirnos a explicaciones causales de las regularidades. Una idea implícita en el estudio de los ríos es que las regularidades se pueden estudiar en la escala temporal de año. Así, con los datos diarios de un año se caracteriza el régimen hidrológico de un Río, más o menos permanente, mientras años de aguas abundantes o escasas son irregularidades en una secuencia interminable (secuencias formadas con un dato de aportación total por año). Ordenando de mayor a menor los caudales medios diarios anuales se forma la curva de caudales clasificados o de frecuencia de caudales, cuya área es la aportación anual. Esta curva contiene los primeros datos fundamentales para caracterizar un Río. (VIDE, 2003).

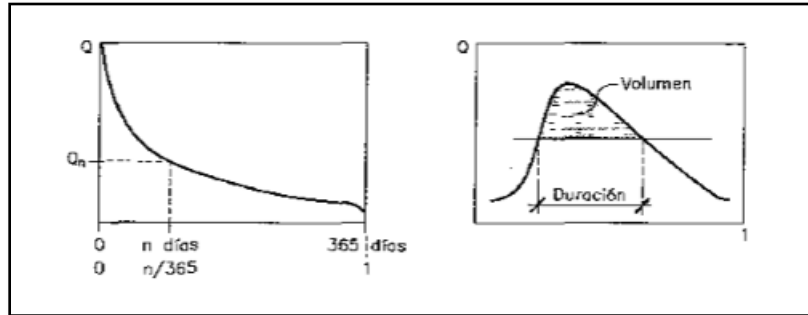


Figura 7 Curva de Caudales Clasificados (izquierda) y características de un hidrograma (derecha) ,VIDE, (2003)

2.2.3.1 Concepto de Caudal Dominante

Se considerará al caudal dominante (QD) como aquel caudal teórico que, fluyendo en régimen permanente y uniforme, es capaz de producir el mismo efecto morfológico sobre el cauce (en términos del modelado de la sección transversal y patrón de alineamiento en planta) que la secuencia natural de flujos hidrológicamente variables a lo largo de la historia geomorfológica del río. (Farias, 2005)

2.2.3.1.1 Metodologías de Calculo

Ante la diversidad de definiciones de QD, también existen diversas metodologías de cálculo, que en el marco de la presente investigación han sido tipificadas en tres grandes grupos:

A. Métodos Geométricos

Son aquellos que únicamente consideran la geometría del cauce y sobre las cuales subyace la hipótesis:

$$QD = QB \quad (3)$$

Es decir, los mismos asumen que el caudal dominante iguala al caudal de desborde QB. (Farias, 2005)

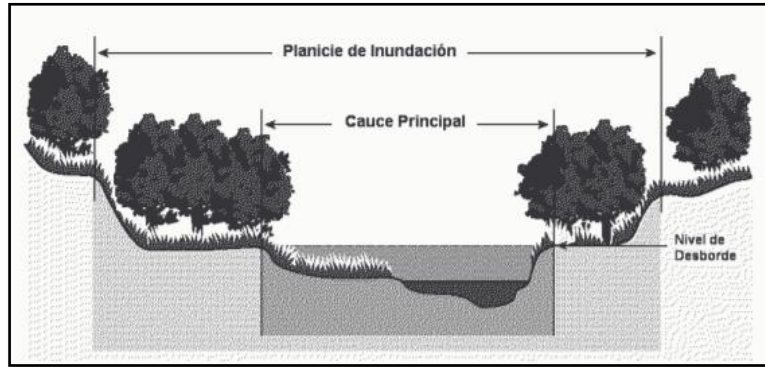


Figura 8 Esquema de sección transversal de un Río aluvial en el que se indica el nivel de desborde o “bankfull”, Knighton 1984

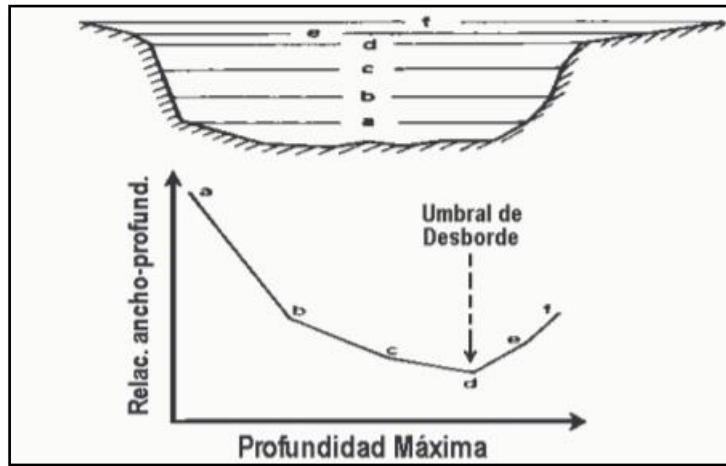


Figura 9 Criterio Geométrico para estimar el nivel de desborde o bankfull, Knighton 1984

B. Métodos Estadísticos

Son aquellos basados en la definición de la frecuencia asociada al gasto dominante, es decir: $QD = Q(TR=Otro)$, donde a **Otro** generalmente se le asigna una recurrencia empírica estimada a partir de observaciones de campo (habitualmente variable entre 1.5 y 2.4 años) (Farias, 2005)

C. Métodos Morfológicos

Son los que consideran fundamental el aspecto referido al transporte sólido y en este caso se iguala el caudal dominante al caudal efectivo. (Farias, 2005)

2.2.3.2 Análisis Estadísticos de Datos Hidrológicos

2.2.3.2.1 Análisis de Consistencia

Es el proceso de identificación descripción y remoción de la no homogeneidad de una serie de tiempo hidrológica. (Villon, 2007)

2.2.3.2.1.1 Análisis Visual Grafico

Realizaremos un diagrama la información hidrológica histórica, será un vs entre los valores de la serie con el tiempo (años, meses, días, etc.). (Villon, 2007)

Analizaremos la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodos en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como "**picos**" muy altos o valores muy bajos, **saltos** y/o **tendencias**, los mismos que deberán comprobarse, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos. (Villon, 2007)

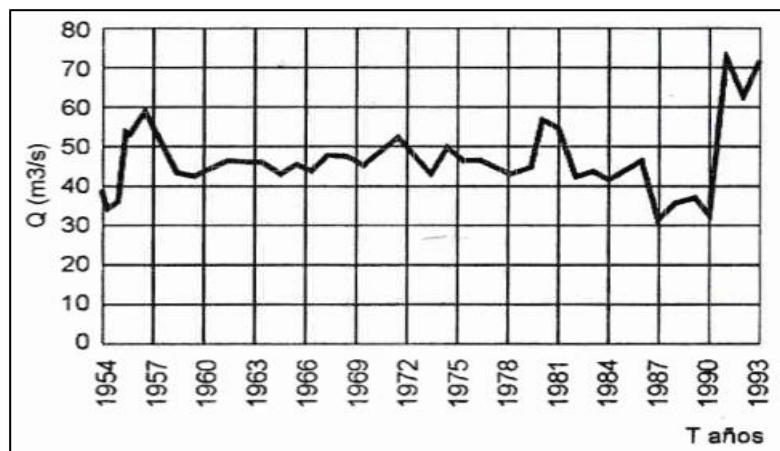


Figura 10 Serie Histórica de Caudales promedios anuales. Villon, (2007)

2.2.3.2.1.2 Análisis Doble Masa

Con este análisis obtendremos una cierta confiabilidad de la información, se puede analizar la consistencia de los errores en la obtención de los mismos, y no para una corrección a partir de la recta doble masa. (Villon, 2007)

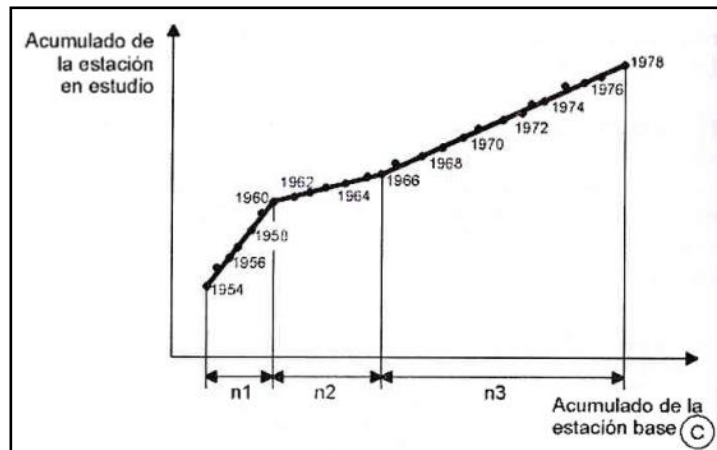


Figura 11 Análisis doble masa para obtener los períodos de estudio (en este caso n_1 , n_2 , n_3). Villon, (2007)

2.2.3.2.1.3 Análisis Estadístico

Después de obtener de los gráficos contruidos para el análisis visual y de los de doble masa, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de saltos, tanto en la media como en la desviación estándar. (Villon, 2007)

2.2.3.2.2 Las Pruebas de Bondad de Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en la comprobación gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a prior, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales. (Villon, 2007).

El objetivo de las pruebas estadísticas es medir la certidumbre que obtendremos al realizar una hipótesis estadística sobre la población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria, se distribuya según una cierta función de probabilidades. (Villon, 2007)

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizados son:

A. Ajuste grafico

B. Ajuste estadístico

- Chi- cuadrado
- Sumirnos – Kolmogorov

2.2.3.2.2.1 Ajuste Grafico

El ajuste grafico se puede realizar de las siguientes formas:

- Comparar gráficamente el histograma o función densidad empírica de la serie de datos, con la función densidad teórica y decidir visualmente, si hay o no ajuste de acuerdo a la similitud o diferencia de ambos. (Villon, 2007)

2.2.3.2.2.1.1 Prueba Chi- cuadrado (x^2)

La prueba Chi-cuadrado se basa en el cálculo de frecuencias, tanto de valores observados, como valores esperados, para un número determinado de intervalos. (Villon, 2007)

La expresión general de la prueba Chi- cuadrado está dado por:

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^k \theta_i = \sum_{i=1}^k e_i = N \quad (5)$$

x_c^2 : Valor calculado de Chi-cuadrado, a partir de los datos.

θ_i : Número de valores observados en el intervalo de clase

e_i : Número de valor esperado en el intervalo de clase i .

k : Número de intervalos de clase

Asignando probabilidades a la ecuación, es decir, asignando igual probabilidad de ocurrencia a cada intervalo de clase, se tiene:

$$x_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - NP_i)^2}{NP_i} \quad (6)$$

Donde:

N_i: número de observaciones que caen dentro de los límites de clases ajustadas del intervalo i.

N: tamaño muestral

P_i: probabilidad igual todos los intervalos de clase

$$P_i = 1/k \text{ ó } e_i = P_i N \quad (7)$$

Simplificando la ecuación (5), se obtiene la fórmula computacional desarrollada por Markovic(1965). (Villon, 2007).

$$x_c^2 = \frac{K}{N} \sum_{i=1}^k Ni^2 - N \quad (8)$$

El valor de x_c^2 obtenido por la ecuación (8) se compara con el x_t^2 cuyo valor se determina con:

Nivel de significación: $\alpha = 0.05 \text{ ó } \alpha = 0.01$

Grado de libertad: $g.l = k - 1 - h$

Donde:

h= es el número de parámetros a estimarse, así:

h=2, para la distribución normal

h=3, para la distribución log- normal de 3 parámetros

- **Criterio de decisión**

El cálculo de decisión se fundamenta en la comparación del valor calculado de Chi cuadrado con el valor tabulado encontrado, es decir:

$$X_c^2 \leq X_t^2 \text{ ajuste bueno}$$

$$x_c^2 \geq x_t^2 \text{ ajuste malo}$$

- **Ventajas y limitaciones**

Es aplicable sólo para ajustes a la distribución normal, puesto que ha sido desarrollado con base en los datos normales e independientes. (Villon, 2007)

Requiere un conocimiento a priori, de la función de distribución teórica utilizada en el ajuste. (Villon, 2007).

En la práctica se usa para cualquier modelo de ajuste, pero estrictamente es válido sólo para la normal. (Villon, 2007).

2.2.3.2.2 Prueba de Smirnov- Kolmogorov

La prueba de ajuste de Smirnov-Kolmogorov, compara las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teoría del modelo, es decir: (Villon, 2007)

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad (9)$$

Donde:

Δ : Estadístico de Smirnov- Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$: Probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$: Probabilidad experimental o empírica de los datos, denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico Δ tiene su función de distribución de probabilidades.

Si Δ_0 es un valor crítico para un nivel de significación α , se tiene que:

$$P[\max|F(x) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha \text{ ó}$$

$$P(\Delta \geq \Delta_0) = \alpha \tag{10}$$

También:

$$P(\Delta < \Delta_0) = 1 - \alpha \tag{11}$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov- Kolmogorov, es el siguiente:

- Calcular la probabilidad empírica o experimental (P_x) de los datos, para esto usar la fórmula de Weibull.

$$P(x) = \frac{M}{N + 1} \tag{12}$$

Donde:

P(x): Probabilidad empírica o experimental

M: Muestra de orden

N: Numero de datos

- Calcular la probabilidad teórica $F(x)$
- Calcular las diferencias $P(x) - F(x)$, para todos los valores de x .

- Seleccionar la máxima diferencia:

$$\Delta = \max |F(x) - P(x)| \quad (13)$$

- Calcular el valor crítico del estadístico Δ , es decir Δ_o , para un $\alpha = 0.05$ y N igual al número de datos.

Criterio de decisión

$\Delta < \Delta_o$ el ajuste es bueno

$\Delta \geq \Delta_o$ el ajuste no es bueno

Ventajas y limitaciones

No requiere un conocimiento a priori de la función de distribución teórica. (Villon, 2007)

Es aplicable a distribuciones de datos no agrupados, es decir, no se requiere hacer intervalos de clase. (Villon, 2007)

Es aplicable a cualquier distribución teórica

Se aplica en la función de distribución acumulada y no en la función de densidad. (Villon, 2007)

Comparándola con la prueba Chi-cuadrado, no se requiere que la frecuencia absoluta de cada clase, sea igual o mayor que 5. (Villon, 2007)

No es una prueba exacta, sino una prueba aproximada. (Villon, 2007)

2.2.3.2.3 Distribuciones Teóricas

2.2.3.2.3.1 Distribución normal o gaussiana

A. Función densidad

se dice que una variable aleatoria X , tiene una distribución normal, si su función densidad, es: (Villon, 2007).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} \text{EXP}\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{x}}{S}\right)^2\right] \quad (14)$$

Donde:

f(x): función densidad normal de la variable x

x: variable independiente

\bar{x} : parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

s: parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

B. Estimación de Parámetros

$$\bar{x} = \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (15)$$

$$S = \sigma = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

Donde:

\bar{x} : Es la estimación de la media, parámetro de posición.

S: Es el estimado insesgado de la desviación estándar o parámetro de escala

C. Cálculo del caudal de diseño

$$Q = Xt = \bar{x} + K * S \quad (17)$$

Donde:

\bar{x} : media aritmética de x.

k=z factor de frecuencia

s: desviación estándar

D. Intervalo de confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (18)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (19)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{N}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \quad (20)$$

Donde:

Li: límite inferior

Ls: límite superior

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad

SE: error estándar

K=z: factor de frecuencia

n: número de datos

Tabla 1

Valores de z para I.C =90, 95, 99, 99.9 %

Intervalo de confianza	0.9	0.95	0.99	0.999
z	1.645	1.960	2.576	3.291

Fuente: elaboración propia

2.2.3.2.3.2 Distribución Log Normal II Parámetros

A. Función de densidad

$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2} \quad (21)$$

Donde:

μ_y, σ_y , son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x , es decir de $\ln x$, representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución.

B. Estimación de Parámetros

μ_y : parámetro de escala

σ_y : parámetro de forma

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \quad (22)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \mu_y)^2 \quad (23)$$

C. Cálculo del Caudal de Diseño

$$\ln Q = \ln(Xt) = \mu_y + K * \sigma_y \quad (24)$$

Donde:

μ_y : media de los logaritmos de la población

σ_y : desviación estándar

x : Q máx. para cada año Var. Independiente

$k=z$ factor de frecuencia

D. Intervalo de confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (25)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (26)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{N}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \quad (27)$$

Donde:

Li: límite inferior

Ls: límite superior

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad

SE: error estándar

K=z: factor de frecuencia

n: número de datos

2.2.3.2.3.3 Distribución Log Normal III Parámetros

A. Función de Densidad

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_o)\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_o)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2} \quad (28)$$

Donde:

f(x): función densidad Log Normal III
parámetros de la variable x.

μ_y : media de los logaritmos de la población
(parámetros de escala).

σ_y : desviación estándar de los logaritmos de la
población (parámetro de forma).

x_o : parámetro de posición

x : variable independiente. (Q máx. para cada año).

B. Estimación de Parámetros

$$\mu_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x_i - x_o) \quad (29)$$

$$\sigma_y = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\ln(x_i - x_o) - \mu_y]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (30)$$

$$x_o = \frac{(x_i * x_n) - x^2 * mediana}{x_i + x_n - 2x * mediana} \quad (31)$$

C. Cálculo del Caudal de Diseño

$$Q = Xt = x_o + Exp[\mu_y + \sigma_y * K] \quad (32)$$

Donde:

μ_y : media de los logaritmos de la población.

σ_y : desviación estándar.

x_o : parámetros de posición.

K=z: factor de frecuencia.

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (33)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (34)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{N}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \quad (35)$$

Donde:

Li: límite inferior

Ls: límite superior

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad

SE: error estándar

K=z: factor de frecuencia

n: número de datos

2.2.3.2.3.4 Distribución Gamma II Parámetros

A. Función de Densidad

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)} \quad (36)$$

Donde:

f(x): función densidad Gamma II parámetros de la variable x.

γ : parámetro de forma.

β : parámetro de escala.

$\Gamma(\gamma)$: función gamma completa.

x: variable independiente (Q máx. para cada año).

B. Estimación de Parámetros

$$0 \leq y \leq 5772$$

$$\gamma = \frac{(0.5000876+0.1648852y-0.0544274y^2)}{y} \quad (37)$$

$$\gamma = \frac{8.898919+9.05995y+0.9775373y^2}{y(17.79728+11.968477y+y^2)} \quad (38)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (39)$$

$$\overline{\ln x} = \sum_{i=1}^n \ln X_i \quad (40)$$

$$y = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (41)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\gamma} \quad (42)$$

Donde:

\bar{x} : media aritmética de x.

$\overline{\ln x}$: media de los logaritmos

y: diferencia de la media aritmética y la media de logaritmos.

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala.

C. Cálculo del Caudal de Diseño

$$Q = Xt = \frac{x^2 * \beta}{2} \quad (43)$$

Donde:

x^2 : Chi cuadrado.

β : parámetro de escala.

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (44)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (45)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}} * \delta \quad (46)$$

Donde:

Li: límite inferior

Ls: límite superior

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad

SE: error estándar

δ : coeficiente

2.2.3.2.3.5 Distribución Gamma III Parámetros

A. Función de Densidad

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta \gamma \Gamma(\gamma)} \quad (47)$$

Donde:

f(x): función densidad Gamma III parámetros de la variable x.

γ : parámetro de escala.

β : parámetro de forma.

x_0 : parámetro de posición.

$\Gamma(\gamma)$: función Gamma completa

x : variable independiente (Q máx. para cada año.)

B. Estimación de Parámetros

$$\gamma = \frac{4}{C_s^2} \quad (48)$$

$$\beta = C_s^{S/2} \quad (49)$$

$$x_0 = \bar{x} - \frac{2S}{C_s} \quad (50)$$

Donde:

γ : parámetro de escala

β : parámetro de forma.

x_0 : parámetro de posición.

\bar{x} : media aritmética de x .

C. Cálculo del Caudal de Diseño

$$Q = Xt = \bar{x} + K * S \quad (51)$$

Donde:

\bar{x} : media aritmética de x .

S : desviación estándar

K : factor calculado cuyo valor está en función del C_x y la probabilidad de excedencia $P(X > x)$.

C_s : coeficiente de asimetría.

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (52)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (53)$$

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}} * \delta \quad (54)$$

Donde:

Li: límite inferior.

Ls: límite superior.

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE: error estándar.

δ : coeficiente.

n: número de datos.

2.2.3.2.3.6 Distribución Log Pearson tipo III

A. Función de densidad

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{\ln x - x_0}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (55)$$

Donde:

f(x): función densidad Log Pearson III de la variable x.

γ : parámetro de escala.

β : parámetro de forma.

x_0 : parámetro de posición.

$\Gamma(\gamma)$: función Gamma completa.

x : variable independiente. (Q máx. para cada año).

B. Estimación de Parámetros

$$\gamma = \frac{4}{Cs \ln x^2} \quad (56)$$

$$\beta = \frac{Cs \ln x * S \ln x}{2} \quad (57)$$

$$x_0 = \bar{x} \ln x - \frac{2 * S \ln x}{Cs \ln x} \quad (58)$$

Donde:

γ : parámetro de escala.

β : parámetro de forma.

x_0 : parámetro de posición.

$\bar{x} \ln x$: media de los logaritmos.

$S \ln x$: desviación estándar de los logaritmos.

$Cs \ln x$: coeficiente de asimetría de los logaritmos.

C. Cálculo del Caudal de Diseño

$$\ln Q = \ln Xt = \bar{x} \ln x + KS \ln x \quad (59)$$

Donde:

$\bar{x} \ln x$: media de los logaritmos.

$S \ln x$: desviación estándar de los logaritmos.

K : factor de frecuencias cuyo valor está en función del Cx y la probabilidad de excedencia $P(X>x)$.

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (60)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (61)$$

$$SE = \frac{S \ln x}{\sqrt{n}} * \delta \quad (62)$$

Donde:

Li: límite inferior.

Ls: límite superior.

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE: error estándar.

δ : coeficiente.

S In x: desviación estándar de los logaritmos.

n: número de datos.

2.2.3.2.3.7 Distribución Gumbel

A. Función de Densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \quad (63)$$

Donde:

f(x): función densidad Gumbel de la variable x.

μ : parámetro de posición.

x : variable independiente. (Q máx. para cada año).

α : parámetro de escala.

B. Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S \quad (64)$$

$$\alpha = \bar{x} - 0.45 S \quad (65)$$

Donde:

μ : parámetro de posición.

S : desviación estándar.

α : parámetro de escala.

C. Cálculo de Caudal de Diseño

$$Q = Xt = \mu + K * \alpha \quad (66)$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z)))) \quad (67)$$

Donde:

μ : parámetro de posición.

α : parámetro de escala.

$K = Y$: factor de frecuencia.

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (68)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (69)$$

$$SE = \frac{s}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \quad (70)$$

Donde:

Li: límite inferior.

Ls: límite superior.

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE: error estándar.

$K = Y$: factor de frecuencia.

n: número de datos.

2.2.3.2.3.8 Distribución Log Gumbel

A. Función de Densidad

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} \quad (71)$$

Donde:

f(x): función densidad Log Gumbel de la variable x.

μ : parámetro de posición.

x : variable independiente. (Q máx. para cada año).

α : parámetro de escala.

B. Estimación de Parámetros

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \ln x \quad (72)$$

$$\mu = \bar{x} \ln x - 0.45S \ln x \quad (73)$$

Donde:

μ : parámetro de posición.

$S \ln x$: desviación estándar de los logaritmos.

$\bar{x} \ln x$: media de los logaritmos.

α : parámetro de escala.

C. Cálculo de Caudal de Diseño

$$\ln Q = \ln Xt = \mu + K * \alpha \quad (74)$$

$$Y = (-\ln(-\ln(F(z)))) \quad (75)$$

Donde:

μ : parámetro de posición.

α : parámetro de escala.

$K = Y$: factor de frecuencia

D. Intervalo de Confianza

$$Li = Xt - Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (76)$$

$$Ls = Xt + Z\left(\frac{1 - \alpha}{2}\right)SE \quad (77)$$

$$SE = \frac{s \ln x}{\sqrt{n}} * \left(1 + \frac{K^2}{2}\right)^{0.5} \quad (78)$$

Donde:

Li: límite inferior.

Ls: límite superior.

α : nivel de confianza o nivel de probabilidad.

SE: error estándar.

$K = Y$: factor de frecuencia.

n : número de datos.

2.2.4 Diseño de Defensa Ribereña

2.2.4.1 Sección Estable o Amplitud de Cauce (B)

2.2.4.1.1 Método de Simons y Henderson

$$B = K_1 Q^{\frac{1}{2}} \quad (79)$$

Donde:

k_1 : condiciones de fondo de Rio.

Q : Caudal(m³/s).

Tabla 2
Condiciones de Fondo de Rio k_1

Condiciones de fondo de Rio	k_1
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas de material no cohesivo	2.80

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.1.2 Método de Altunin – Manning

$$B = (Q^{\frac{1}{2}}/S^{\frac{1}{5}})(nK^{\frac{5}{3}})^{\frac{3}{3+5m}} \quad (80)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s).

S: pendiente

n: valor de rugosidad de Manning.

K: coeficiente del material del cauce.

m: coeficiente del tipo de Rio.

Tabla 3

Valores de Rugosidad de Manning

Valores rugosidad de Manning	
Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades	0.025
Cauces de rio con acarreo irregular	0.03
Cauces de Rios con Vegetación	0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033
Cauces de Rio con fuerte transporte de acarreo	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.04
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	0.05

Fuente: Terán, (1998)

Tabla 4

Coeficiente Material del Cauce (K)

Coeficiente material del cauce (K)	
Descripción	K
Material de cauce muy resistente	3 a 4
Material fácilmente erosionable	16 a 20
Material aluvial	8 a 12
Valor practico	10

Fuente: Terán, (1998)

Tabla 5

Coeficiente de tipo de Rio (m)

Coeficiente de tipo de Rio (m)	
Descripción	m
Para ríos de montañas	0.5
Para cauces arenosos	0.7
Para cauces aluviales	1.0

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.1.3 Método de Blench

$$B = 1.81 \left(\frac{Q * F_b}{F_s} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (81)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s).

F_b: factor de fondo.

F_s: factor de orilla.

Tabla 6

Factor de fondo de Rio (F_b) y Factor de orilla (F_s)

Factor de fondo y orilla de Rio	
Factor de fondo	F_b
Material fino	0.80
Material grueso	1.20
Factor de orilla	F_s
Materiales sueltos	0.10
Materiales ligeramente cohesivos	0.20
Materiales cohesivos	0.30

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.1.4 Método de Pettit

$$B = 4.44Q^{0.5} \quad (82)$$

Donde:

B: Ancho medio de la sección.

Q: Caudal (m³/s).

2.2.4.1.5 Recomendación Practica para el Diseño

Tabla 7

Ancho estable sugerido según el caudal máximo del Rio.

Q(m³/s)	Ancho estable (B₂)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.2 Cálculo del Tirante

2.2.4.2.1 Método de Manning – Strickler

$$t = \left(\frac{Q}{K_s * B * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad (83)$$

Donde:

t: Tirante máximo de avenida.

Q: Caudal (m³/s).

K_s: coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural.

B: ancho medio de la sección.

S: pendiente del Rio.

Tabla 8

Valores de K_s para Cauces Naturales

Descripción	K_s
Cauce con fondo sólido sin irregularidades	40
Cauces de rio con acarreo irregular	33
Cauces de Rios con Vegetación	35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25
Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil	20

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.3 Cálculo de la Altura de Dique

2.2.4.3.1 Borde libre (BL)

$$BL = \phi * e \quad (84)$$

Donde:

ϕ: coeficiente de corrección depende del Q del Rio.

e: energía cinética.

Tabla 9
Coeficiente de Corrección

Caudal máximo m ³ /s		ϕ
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.3.2 Altura de Muro (H_M)

$$H_M = t + BL \quad (85)$$

Donde:

H_M: Altura de muro.

t: tirante de diseño (m).

BL: borde libre.

2.2.4.3.3 Ancho de Corona

Tabla 10
Ancho de Corona en Función del Caudal de Diseño

Caudal de diseño Q(m ³ /s)	Ancho de corona (m)
500-2000	4-6
Menos de 500	3-4

Fuente: Terán, (1998)

2.2.4.4 Profundidad de Socavación

2.2.4.4.1 Método de LL. List Van Levediev

2.2.4.4.1.1 Suelos Granulares – No Cohesivos

$$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} * \beta))^{1/(x+1)} \quad (86)$$

2.2.4.4.1.2 Suelos Cohesivos

$$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} * \beta))^{1/(x+1)} \quad (87)$$

Donde:

t_s : tirante después de producirse la socavación (m).

t : tirante sin socavación (m).

D_m : diámetro medio de las partículas.

γ_s : peso específico del suelo Kg/m³.

$$\alpha = Q / (t_m^{5/3} * B * \mu) \quad (88)$$

Donde:

t_m : tirante medio

μ : coeficiente de contrastación.

Profundidad de socavación (H_S)

$$H_S = t_s - t \quad (89)$$

2.2.4.5 Profundidad de Uña

$$P_{uña} = FS * H_S \quad (90)$$

Donde:

FS: factor de seguridad

H_S: profundidad de socavación.

2.2.4.6 Diseño de un enrocado

El diseño de enrocado tendremos que tomar en cuenta muchos factores como, evaluación de infraestructuras de riego y drenaje de

áreas agrícolas, infraestructuras viales (puentes, caminos, etc), abastecimiento de agua para la población, etc.; es decir todas las estructuras sujetas a erosión en función a máxima avenidas. (Terán, 1998)

2.2.4.6.1 Enrocado para Fondo de Rio

A. Maza y García

$$\frac{H}{D} = \left[\frac{1.93}{F_r} \right]^{2.36} \quad (91)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \quad (92)$$

Donde:

H: tirante. (m)

V: velocidad media del flujo. (m/s)

D: diámetro de la roca. (m)

Fr: número de Froude.

g: aceleración de la gravedad. 9.81 m/s

B. Neill

$$\frac{H}{D} = \frac{5.99}{Fr^3} \quad (93)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \quad (94)$$

Donde:

H: Tirante. (m)

V: velocidad media del flujo. (m/s)

D: diámetro de la roca. (m)

Fr: número de Froude

g: aceleración de la gravedad. 9.81 m/s²

C. Straub

$$\frac{H}{B} = \frac{6.97}{Fr^3} \quad (95)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \quad (96)$$

Donde:

H: tirante. (m)

V: velocidad media del flujo. (m/s)

D: diámetro de la roca. (m)

Fr: número de Froude.

g: aceleración gravedad. 9.81 m/s²

D. Método de Maynard

$$d_{50} = C_1(yF^3) \quad (97)$$

$$F = C_2\left(\frac{V}{\sqrt{g * y}}\right) \quad (98)$$

Donde:

d₅₀: diámetro medio de las rocas. (m)

y: tirante (m)

V: velocidad media de flujo. (m/s)

F: número de Froude.

C1 y C2: coeficiente de corrección.

los valores recomendados de C1 y C2 se muestra a continuación:

C1	0.28	Fondo	Plano
	0.28	Talud	1V:3h
	0.32	Talud	1V:2h

C2	1.5	Fondo	Plano
	1.25	Talud	1V:3h
	2.0	Talud	1V:2h

2.2.4.6.2 Enrocado para Talud

A. Método de Lopardo-Estellé

$$\frac{v}{\sqrt{g * \Delta * d_s}} = 1.3 * \left(\frac{h}{d_s}\right)^{\frac{1}{6}} * \left(1 - \left(\frac{\sin\theta}{\sin\phi}\right)^2\right)^{1/4} \quad (99)$$

Donde:

Δ : Densidad relativa del material

v : Velocidad media del flujo

h : Tirante

g : aceleración de la gravedad

ϕ : Angulo de reposo del material

θ : Angulo del talud respecto a la horizontal

d_s : Diámetro de la roca

B. Método de “California División of Highways”

$$\frac{v}{\sqrt{g * \Delta * d_s}} = 1.92 * [\sin(\phi - \theta)]^{1/2} \quad (100)$$

2.2.4.7 Estabilidad de Terraplén

La fuerza que se opone al deslizamiento del terraplén está definida mediante la relación.

$$R = W * \tan(\phi) \quad (101)$$

$$P = \frac{\rho * h^2}{2} \quad (102)$$

$$W = \frac{\text{Area de Dique}}{\rho m} \quad (103)$$

Donde:

P: Presión del agua (kgf/m²)

R: Fuerza resistente (kg/m)

ϕ : Angulo de fricción interna

ρ_m : Densidad del material (kg/m³)

ρ : Densidad del agua (kg/m³)

h: tirante de agua (m)

Entonces:

R>P (el dique es estable a la presión del agua)

R<P (el dique no es estable a la presión del agua)

2.2.4.8 Estabilidad del Revestimiento del Enrocado en el Fondo

A. Esfuerzo cortante de fondo

$$\tau = \gamma * h * S \quad (104)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante de fondo (N/m²)

γ : Peso específico del agua (N/m³)

h: Tirante (m)

S pendiente del Rio (%)

B. Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo

$$\tau_c = \rho * V \quad (105)$$

$$V = \sqrt{\Delta * g * D * \tau_c} \quad (106)$$

Donde:

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo (N/m²)

ρ : Densidad del agua (kg/m³)

V: Velocidad de corte (m/s)

Entonces:

$\tau_c > \tau$ el revestimiento es estable

$\tau_c < \tau$ el revestimiento no es estable, se necesita aumentar el diámetro de roca

2.2.4.9 Estabilidad del Revestimiento del enrocado en el talud

A. Esfuerzo cortante en el talud

$$\tau_{talud} = 0.78 * \gamma * h * S \quad (107)$$

Donde:

τ_{talud} : Esfuerzo cortante en el talud (N/m²)

γ : Peso específico del agua

h: tirante

S: Pendiente del Rio

B. Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el talud

$$\tau_{ct} = k * \tau_c \quad (108)$$

$$k = \sqrt{\frac{\sin\theta^2}{\sin\phi^2}} \quad (109)$$

Donde:

τ_{ct} : Esfuerzo cortante crítico del enrocado del talud

τ_c : Esfuerzo cortante crítico del enrocado en el fondo

k: Factor del talud

$\tau_{ct} > \tau_{talud}$ El revestimiento es estable

$\tau_{ct} < \tau_{talud}$ El revestimiento no es estable, se necesita aumentar el diámetro de la roca.

2.2.4.10 Diseño de Filtro

2.2.4.10.1 Determinación de la Velocidad en el espacio entre enrocado y material base

$$Va = \frac{\left(\frac{D50}{2}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{nf} \quad (110)$$

Donde:

Va: Velocidad de agua entre enrocado y el fondo

D_{50} : Diámetro medio de la roca

S: Pendiente del tramo en estudio

n_f : Condición de filtro (0.020 cuando se tiene el filtro de geotextil o no existe filtro; 0.025 para filtro de grava)

2.2.4.10.2 Determinación de la Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado.

$$V_e = 16.1 * D_{50}^{1/2} \quad (111)$$

Donde:

V_e : Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

D_{50} : Diámetro medio de partículas del suelo base

$V_a > V_e$: Hay erosión, se usa filtro de grava

$V_a < V_e$: No hay erosión, no es necesario el uso de filtros o se usa un filtro de geotextil

A. Determinación del Tamaño de Filtro de Grava

El filtro a usarse debe estar constituido por gravilla, cuyo criterio granulométrico, para obtener el espesor correspondiente será:

$$e = (20a 25) * D_{50 \text{ filtro}} \quad (112)$$

el D_{50} de la gravilla (obtenido en laboratorio) generalmente se encuentra entre 1cm a 1.5 cm; por lo cual asumiremos $D_{50 \text{ filtro}} = 1.5 \text{ cm}$

en la sección del espesor del filtro se debe tener en cuenta, los siguiente:

si $e_{\text{filtro}} > 0.30\text{m}$ (el filtro usado se desliza o chorrea)

si $e_{\text{filtro}} < 0.30\text{m}$ (el filtro usado, es estable)

2.2.5 Software

2.2.5.1 Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM)

2.2.5.1.1 AutoCAD Civil 3d 2020

Mediante la importación de datos de punto 3D se puede crear una nube de puntos, se pueden crear superficies compuestas de una

combinación de puntos, líneas de rotura, contornos y curvas de nivel. (Autodesk, 2016)

Las herramientas y comandos de explanación de Autodesk Civil 3D permiten diseñar superficies de rasante. (Autodesk, 2016)

2.2.5.1.2 Agisoft Photoscan

Es un software que permite procesar imágenes digitales mediante combinaciones de técnicas de fotogrametría, Agisoft PhotoScan genera una reconstrucción 3D del entorno. (Agisoft, 2020)

2.2.5.1.3 ArcGIS 10.2.2

Este sistema es muy completo que nos permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. (Esri, 2016)

Permite:

- Genera datos de elevación usando el support DEM. (Esri, 2016)
- Crear y analizar superficies y otros datos en 3D. (Esri, 2016)
- Importar datos de entidades 3D de diversas fuentes. (Esri, 2016)
- Utilizar un TIN como fuentes de elevación. (Esri, 2016)
- Administrar, mantener y editar datos LIDAR. (Esri, 2016)

2.2.5.2 Estudio Hidrológico

2.2.5.2.1 Aplicación del Hidroesta

Es un software muy práctico para los cálculos hidrológicos y estadísticos que se aplican a la hidrología. (VILLÓN BÉJAR, 2012)

Con este programa se simplifica y facilita los cálculos laboriosos, su proceso para analizar los datos es muy confiable. (VILLÓN BÉJAR, 2012)

Hidroesta proporciona una herramienta que permite realizar cálculos, simulaciones rápidas, y determinar los caudales o precipitaciones de diseño. (VILLÓN BÉJAR, 2012)

Permite:

- Calcular los Parámetros estadísticos, para datos agrupados y no agrupados, tanto con los momentos tradicionales como los momentos lineales. (VILLÓN BÉJAR, 2012)
- Calcula de caudales máximos, con métodos empíricos (racional y Mac Math) y estadísticos (Gumbel y Nash). (VILLÓN BÉJAR, 2012)

2.2.5.3 Modelamiento Hidráulico

2.2.5.3.1 HEC- RAS 5.0.7

Es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

Permite:

- Simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

2.2.5.3.2 Iber

Es un modelo numérico bidimensional de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente para rios y estuaRios. (Flumen, 2013)

$$\frac{dh}{dt} + \frac{dqx}{dx} + \frac{dqy}{dy} = 0 \quad (113)$$

$$\frac{dqx}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{qx}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{qxqy}{h} \right) = -gh \frac{dz_b}{dx} - \frac{t_{hx}}{\rho} - \frac{d}{dx} (hu'_x u'_x) - \frac{d}{dy} (hu'_y u'_y) \quad (114)$$

$$\frac{dqy}{dt} + \frac{d}{dx} \left(\frac{qxqy}{h} \right) + \frac{d}{dy} \left(\frac{qy^2}{h} + g \frac{h^2}{2} \right) = -gh \frac{dz_b}{dy} - \frac{t_{hy}}{\rho} - \frac{d}{dx} (hu'_x u'_y) - \frac{d}{dy} (hu'_y u'_y) \quad (115)$$

Donde:

h: profundidad de la lámina de agua.

qx: caudal específico en dirección X.

qy: caudal específico en dirección Y.

zb: cota del fondo g: gravedad.

ρ : densidad del agua.

$t_{b,x}$: componente en x de la tensión tangencial que ejerce el fondo

Permite:

Simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales.

Evaluación de zonas inundables.

Cálculo de las zonas de flujo preferente.

Cálculo hidráulico de encauzamientos.

Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.

2.3 Marco Conceptual

- **Avenida:** Una avenida, crecida, creciente, riada, o aluvión como también se le llamaba hace algunos años, es por lo general producto de una combinación de determinadas condiciones hidrometeorológicas y no podemos hacer nada para evitarla. (ROCHA, 2013)
- **Avenida extraordinaria:** Estas son causadas por precipitaciones intensas sobre toda la cuenca o parte de esta. Se asocian a períodos de retorno mayores de diez años. Son difícilmente previsibles, para ello se requiere de una red de monitoreo operada en tiempo real.
- **Caudal:** Volumen de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo (Autoridad Nacional de Agua, 2014)
- **Cauce:** Continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico (Autoridad Nacional de Agua, 2014)
- **Erosión:** La erosión en un cauce es el descenso del fondo (o el retroceso de las orillas) como consecuencia de fenómenos de dinámica fluvial naturales o suscitados por obras del hombre. (MARTIN VIDE, 2003)
- **Riberas:** Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. Para su delimitación no se considerarán las máximas crecidas registradas por eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico (Autoridad Nacional de Agua, 2014)
- **Río:** Corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar. (Real Academia Española, 2001)

2.4 Sistema de Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Realizando el diseño de enrocado y espigones el tramo puente Quirihuac – puente Fierro soportará las avenidas extraordinarias futuras.

2.5 Variables

2.5.1 Variable Independiente

Caudal del rio Moche

2.5.2 Variable Dependiente

Características Hidráulicas

2.5.2.1 Operaciones de las Variables

Tabla 11
Operacionalización de las Variables

	Variab	Dimensión	Indicadores	Unid ad de Medi da	Instrumento de Investigación
Variable Dependiente	Característic as Hidráulicas	Ancho estable	Teoría del Régimen de Blench y el Método de Altunim	m	Calculo Geométrico
		Tirante Hidráulico	Método Manning-Strickler	m	C.Geométrico ARCGIS
		Velocidad media	Ecuación de STRICKLER	m ³ /s	C. Geométrico
		Socavación del tramo en estudio	Excavación profunda causada por el caudal	m	Cálculo geométrico y HEC- RAS e Iber
		Coeficiente de rugosidad Manning	Variable para el cálculo de velocidad	-	Cálculo Geométrico
		Granulometría	Medición, graduación de sedimentos	%	Estudio de suelos
Variable Independiente	Caudal	Área	Área de terreno de estudio	m ²	Planos de AutoCAD
		caudal	Caudal del Rio moche	m ³ /s	Reporte de caudales de la Gerencia Regional de Agricultura

Fuente: Elaboración Propia

III. METODOLOGIA

3.1. Tipos y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Aplicada

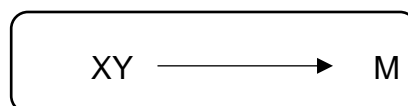
3.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

Está formado por la cuenca hidrográfica del Rio Moche, que pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 2708 km². Esta cuenca tiene una longitud aproximada de 102 km, y una pendiente del 4%.



Donde:

X: Observación a la variable independiente

Y: Observación a la variable dependiente

M: Muestra de Estudio

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio está delimitada por el tramo puente Quirihuac con el puente Fierro

3.3. Diseño de Investigación

Cuasi experimental; porque la recolección de datos se hará directamente del tramo de estudio. Además, se va a realizar un modelamiento hidráulico unidimensional con el software HEC- RAS 5.0.7 y bidimensional con el software Iber 2.5.2. para poder determinar las zonas de inundación en el tramo puente Quirihuac con el puente Fierro.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

3.4.1. Identificación del lugar

Ir in situ para hacer el Reconocimiento del terreno, para poder determinar los posibles puntos críticos de las zonas de estudio ante un desborde del Rio Moche.

Entrevista a los pobladores de los sectores cercanos al río Moche.

3.4.2. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Ejecutar el Levantamiento topográfico del tramo puente Quirihuac con el puente Fierro, GPS diferencial Topcon GR5 y Dron DJI PHANTOM 4 PRO.

Obtener los registros históricos de los caudales de la estación meteorológica de Moche, obtenidas de la Dirección de Información Agraria La Libertad.

3.4.3. Estudio Hidrológico

Obtener los registros históricos de los caudales diarios. Para este estudio hidrológico, se tomó los reportes históricos de los caudales diarios, desde 1950 al 2019 de la estación meteorológica de Moche, obtenidas de la Dirección de Información Agraria La Libertad. (Ver Anexo, Tabla N°1)

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

Realizado el levantamiento topográfico se procedió con los siguientes pasos

3.5.1.1. Microsoft Excel 2019

Importación de los datos topográficos

3.5.1.2. AutoCAD Civil 3D 2019

Descargar la nube de puntos generada por la fotogrametría y datos obtenidos del Excel (formatos las) al AutoCAD Civil 3D.

Crear el alineamiento, perfil longitudinal y secciones transversales del eje del Río moche.

Dibujar los puentes Quirihuac y Fierro.

3.5.1.3. ArcGis 10.2.2

- Importar los datos del AutoCAD Civil 3D
- Generar el Modelo Digital de Elevación (DEM)

3.5.2. Estudio de Hidrología

Al obtener los registros de los caudales diarios por parte de la Dirección de Información Agraria La Libertad, se procedió a realizar las siguientes actividades:

- Analizar los registros de caudales diarios, antes ordenados de menor a mayor luego extraer los caudales máximos anuales desde 1950-2019, a partir de los caudales máximos anuales se van a clasificar en caudales altos (aguas altas) y caudales extraordinarios (avenidas).
- Verificar con un análisis de consistencia si hay errores en los registros de los caudales máximos.
- Graficar los caudales altos y extraordinarios (avenidas).
- Procesar el registro de caudales máximos anuales mediante el software Hidroesta.
- Aplicar las distribuciones estadísticas para períodos de retorno de 20, 50, 100 y 200 años con el fin de calcular el caudal de diseño para las defensas ribereñas, cuyo período de retorno elegido fue de 200 años.
- Aplicar pruebas de bondad de ajuste, para verificar cual distribución estadística se ajustará mejor. En este trabajo se eligió la prueba de Smirnov Kolmogorov.
- Calcular el caudal dominante.

3.5.3. Modelamiento Hidráulico

3.5.3.1. Unidimensional (Hec-Ras 5.0.7)

3.5.3.1.1. Pre-Proceso

- Crear curvas de nivel en AutoCAD Civil 3d y exportar el DEM
- Importar el DEM y la ortofoto en ArcGis
- Dibujar la geometría creando las capas que nos permite crear ArcGis
- Generar los elementos en 3D a partir de la geometría creada y el DEM
- Asignar los datos necesarios

- Exportar la geometría de Gis hacia Ras
- Crear un nuevo proyecto he importar la geometría la ortofoto y el DEM en el modelo Hec-Ras
- Crear las estructuras hidráulicas existentes
- Asignar condiciones de contorno, ingreso y salida del agua
- Asignar condiciones iniciales
- Inicial el proceso de cálculo

3.5.3.1.2. Post-Proceso

- Abrir el RasMapper el cual nos permite la visualización de los resultados
- Seleccionar los resultados a mostrar
- Generar los gráficos y resultados requeridos

3.5.3.2. Bidimensional (Iber 2.5.2)

3.5.3.2.1. Pre-Proceso

- Crear contornos de las áreas en el AutoCAD Civil 3d, mediante el uso de la polilínea 3d.
- Importar en formato "DXF" en el programa Iber los contornos creados en el software AutoCAD Civil 3d georreferenciados.
- Colapsar el modelo.
- Importar la ortofoto del área de estudio.
- Dibujar la geometría del modelo con las herramientas del software Iber, separando en diferentes capas las estructuras, elementos verticales, cauce del rio, planicies con vegetación y área de la ciudad.
- Crear superficies por cada capa de la geometría.
- Asignar datos del problema: tiempo de simulación, intervalo de paso y resultados a obtener del modelo.
- Asignar condiciones de contorno, ingreso y

salida del agua.

- Asignar rugosidades a cada superficie creada de la geometría.
- Asignar condiciones iniciales.
- Creación de la malla del modelo, para ello debemos bloquear los elementos verticales para que el programa reconozca que no debe pasar el agua por ellos.
- Editar la malla creada con el archivo original de la topografía.
- Iniciar el proceso de cálculo.

3.5.3.2.2. Post-Proceso

- Seleccionar los resultados que se requieran
- Generar las gráficas de los resultados de características hidráulicas y comportamiento del flujo determinados en los cortes transversales.

3.5.4. Diseño del Dique de Enrocado

- Realizaremos el cálculo del ancho estable del Rio Moche mediante los siguientes métodos Blench, Altunin – Manning, Pettit, Simons & Henderson y recomendación práctica, para luego sacar el promedio entre los 5 métodos, pero se tuvo en cuenta el ancho que mejor se adapte a la zona en estudio.
- Calcular el tirante máximo de avenida.
- Calcular la altura de encauzamiento y ancho de corona del dique.
- Calcular la altura de socavación general del Rio por el método de Maynord, R.A. Lopardo y California División of Highways.
- Diseñar el filtro del enrocado.
- Comprobar la estabilidad del diseño de enrocado.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Modelo Digital de Elevación (DEM)

- La topografía comprende desde 900m aguas arriba desde el Puente Quirihuac y hasta 1.1 km aguas abajo del Puente Fierro y el tramo comprendiendo entre ellos de 2.780 km sumando un total de 4.780 km
- El área de la topografía es de 235.4 ha
- La pendiente del Rio es de 0.012328/1000

4.2. Estudio Hidrológico

Se ordenó los caudales máximos anuales de menor a mayor para poder clasificarlos en caudales altos y caudales extraordinarios

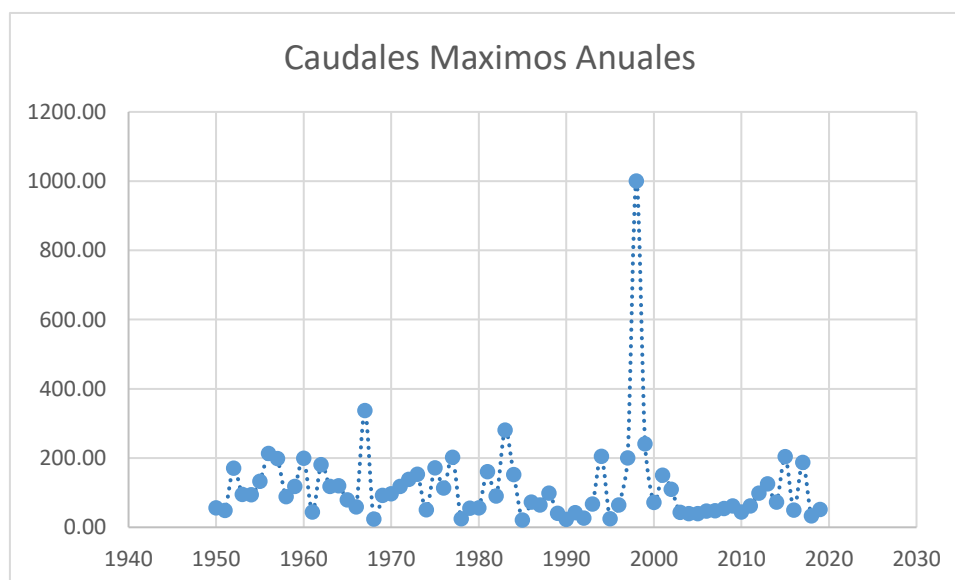


Gráfico 1 Caudales Máximos Anuales

4.2.1. Cálculo de Caudal de Diseño para el Diseño de enrocados.

Para el cálculo del caudal de diseño se utilizó los caudales máximos anuales (caudales bajos, altos y avenidas).

4.2.1.1. Selección del Periodo de Retorno

Según el manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2016) la vida útil para defensas ribereñas es de 40 años y su riesgo admisible es 22%.

Tabla 12
Riesgo Admisible

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma(a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

Fuente: (Villon, 2007)

Tabla 13
Periodo de Retorno

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2018)

4.2.1.2. Distribuciones Estadísticas

Se utilizaron dos formas de calcularlas para comparar los resultados, el Software **Hidroesta 2** y **Microsoft Excel 2019**.

A. Log Normal 2 Parámetros

Se calculó los coeficientes estadísticos

Tabla 14
Coefficientes Estadísticos

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS	
Media	Desviación Estándar
4.45	0.746

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el factor de frecuencia K (Tabla N°) que es igual a $F(z) = 1 - 1/T$.

$$\ln Q = c * \sigma + \bar{X} \quad (116)$$

Tabla 15
Resultado-Caudales

PeRiodo de Retorno(años)	F(z)	z=k	Q diseño (m³/s)	Error Estándar	Intervalo de Confianza	
					(-)	(+)
T=20	0.95	1.65	290.78	0.174	290.61	290.96
T=50	0.98	2.05	394.51	0.215	394.30	394.73
T=100	0.99	2.33	484.05	0.229	483.82	484.28
T=200	0.995	2.58	582.37	0.265	582.10	582.64

Fuente: Elaboración Propia

B. Log Normal 3 Parámetros

Se calculó los parámetros y coeficientes estadísticos

Tabla 16
Coefficientes Estadísticos y Paramétricos

COEFICIENTES ESTADÍSTICOS Y PARAMÉTRICOS			
Mediana	Parámetro de Posición (X ₀)	Parámetro de escala	Parámetro de Forma
89.16	15.25	4.15	0.99

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el factor de frecuencia K (Tabla N°) que es igual a $F(z) = 1 - 1/T$.

$$Q = X_0 + \text{Exp}[\mu_y + \sigma_y * K] \quad (117)$$

Tabla 17
Resultado-Caudales

PeRiodo de Retorno(años)	F(z)	z=k	Q diseño (m ³ /s)	Error Estándar	Intervalo de Confianza	
					(-)	(+)
T=20	0.95	1.64	339.22	0.23	338.99	339.45
T=50	0.98	2.05	500.98	0.28	500.69	501.26
T=100	0.99	2.32	652.50	0.30	652.19	652.80
T=200	0.995	2.58	829.81	0.35	829.45	830.16

Fuente: Elaboración Propia

C. Gamma 2 Parámetros

Se calculó los coeficientes estadísticos y paramétricos

Tabla 18
Coeficientes Estadísticos y Paramétricos

Coeficientes Estadísticos y Paramétricos					
Media	Media Logarítmica	γ	Desviación Estándar	Parámetro de forma γ	Parámetro de escala β
115.53	4.44	0.30	0.7678	1.7924	64.45

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el factor de frecuencia x^2 (tabla N°) que está en función de $v = 2 * \gamma$ y $P(X>x)$

$$Q = \frac{x^2 * \beta}{2} \quad (118)$$

Tabla 19
Resultado-Caudales

PeRiodo de Retorno(años)	Probabilidad	X ²	Q diseño (m ³ /s)	Error Estándar	Intervalo de Confianza	
					(-)	(+)
T=20	0.05	8.8	283.59	0.179	283.40	283.76
T=50	0.02	10.8	341.26	0.22	351.04	351.48
T=100	0.01	12.2	402.82	0.236	402.59	403.06
T=200	0.005	13.8	451.16	0.272	450.89	451.43

Fuente: Elaboración Propia

D. Log Pearson Tipo 3

Se calculó los coeficientes estadísticos y de los parámetros

Tabla 20
Coeficientes Estadísticos y Paramétricos

Coeficientes Estadísticos y Paramétricos	
Media (Xlnx)	4.45
Varianza Slnx ²	0.56
Desviación Estándar Slnx	0.75
Coeficiente de variación	0.17
Coeficiente de sesgo Cslnx	0.34
Coeficiente de curtosis	3.52
Parámetro de escala (Y)	34.24

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el factor de frecuencia K, el valor está en función de coeficiente de sesgo y la probabilidad de excedencia. $P(X>x)=\frac{1}{T}$

$$\ln Q = X \ln x + k * S \ln x \quad (119)$$

Tabla 21
Resultado-Caudales

PeRiodo de Retorno(años)	Probabilidad	K	Q diseño (m ³ /s)	Error Estándar	Intervalo de Confianza	
					(-)	(+)
T=20	0.02	1.65	325.45	0.21	325.23	325.66
T=50	0.02	2.231	450.27	0.215	450.05	450.48
T=100	0.01	2.5724	580.89	0.229	580.66	581.12
T=200	0.005	2.89	737.97	0.265	737.71	738.24

Fuente: Elaboración Propia

E. Log Gumbel

Se calculó los coeficientes estadísticos y paramétricos

Tabla 22
Coeficientes Estadísticos y Paramétricos

Coeficientes Estadísticos y Paramétricos				
Media	Varianza	Desviación Estándar	Parámetro de escala	Parámetro de posición
4.44	0.55	0.746	0.5817	4.1095

Fuente: Elaboración Propia

Se calculó el factor de frecuencia K en función de $Y = (-\ln(-\ln(F(z))))$.

$$\ln Q = u + Y * \alpha \quad (120)$$

Tabla 23
Resultado-Caudales

PeRiodo de Retorno(años)	F(z)	Y	Q diseño (m³/s)	Error Estándar	Intervalo de Confianza	
					(-)	(+)
T=20	0.95	2.9702	342.84	0.174	342.66	343.01
T=50	0.98	3.9019	589.489	0.215	589.27	589.70
T=100	0.99	4.600	884.839	0.229	884.61	885.06
T=200	0.995	5.295	1326.20	0.265	1325.93	1326.46

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.3. Pruebas de Bondad de Ajuste

Se eligió la prueba de Smirnov Kolmogorov

Se calculó el delta tabular Δ_0 con nivel de significancia ($\alpha=5\%$). Según la Tabla 63 para $n>40$ y $\alpha=5\%$, obtenemos:

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{N}} \quad (121)$$

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{N}} = 0.1625 \quad (122)$$

El delta teórico se calculó de: Diferencia absoluta máxima entre frecuencias acumuladas observada y teórica.

$$\Delta = [P_{\text{máx}}(x) - F_{\text{máx}}(x)] \quad (123)$$

$\Delta < \Delta_0 = \text{el ajuste es bueno}$

$\Delta > \Delta_0 = \text{el ajuste es malo}$

A. Log Normal 2 Parámetros

La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos está anexionada.

Como el delta teórico 0.0473, es menor que el delta tabular 0.1625, los datos se ajustan a la distribución log Normal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 24
Resultado- Deltas

Resultado-Deltas	
Δ teórico	0.0579
Δ_0 tabular	0.1625

Fuente: Elaboración Propia

B. Log Normal 3 Parámetros

La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos está anexionada.

Como el delta teórico 0.0550, es menor que el delta tabular 0.1625, los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 25
Resultado-Deltas

Resultado-Deltas	
Δ teórico	0.0550
Δ_0 tabular	0.1625

Fuente: Elaboración Propia

C. Gamma 2 Parámetros

La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos está anexionada.

Como el delta teórico 0.0901, es menor que el delta tabular 0.1625, los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 26
Resultado-Deltas

Resultado-Deltas	
Δ teórico	0.0901
Δ_0 tabular	0.1625

Fuente: Elaboración Propia

D. Log Pearson Tipo 3

La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos está anexionada.

Como el delta teórico 0.05099, es menor que el delta tabular 0.1625, los datos se ajustan a la distribución Log- Pearson tipo 3, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 27
Resultado-Deltas

Resultado-Deltas	
Δ teórico	0.05099
Δ_0 tabular	0.1625

Fuente: Elaboración Propia

E. Log Gumbel

La tabla con el cálculo de coeficientes estadísticos está anexionada.

Como el delta teórico 0.0968, es menor que el delta tabular 0.1625, los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%.

Tabla 28
Resultado-Deltas

Resultado-Deltas	
Δ teórico	0.0968
Δ_0 tabular	0.1625

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.4. Comprobación mediante el programa Hidroesta

4.2.1.4.1. Resumen de los resultados

Las distribuciones que se ajustan a la prueba de Smirnov Kolmogorov son:

Tabla 29
Distribuciones con Mejor Ajuste

Distribuciones que tiene mejor ajuste					
	Log normal 2p	Log normal 3p	Gamma 2p	Log Pearson tipo 3	Log Normal
Delta tabular	0.1625	0.1625	0.1625	0.1625	0.1625
Delta Teórico	0.0579	0.0550	0.0901	0.050099	0.0968

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30
Resumen de Posibles Caudales de Diseño

Resumen de posibles Caudales				
Distribución	20	50	100	200
Log-normal 2 parámetros	290.78	394.51	484.05	582.37
Log-normal 3 parámetros	339.22	500.98	652.50	829.81
Log-Gamma 2 parámetros	283.59	341.26	402.82	451.16
Log-Pearson tipo III	311.17	450.34	580.89	737.97
Log-Gumbell	342.84	589.48	884.84	1326.20
Promedio	312.846	446.383	568.643	776.14
Redondeado	313	447	569	777

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Estudio de inundabilidad sin protección

4.3.1. Caudal de 777 m³/s sin protección

4.3.1.1. Unidimensional Hec Ras sin Dique de Protección

Modelamiento Unidimensional Sin Diques						
Datos generales				Condiciones de Borde		Flujo
Eje	# secciones	Caudal (m ³ /s)	Rugosidad Manning	Aguas arriba	Aguas abajo	
Rio Moche	233	777	Ver Anexos	0.12328	0.12328	Mixto

A. Calado sin Dique de Protección

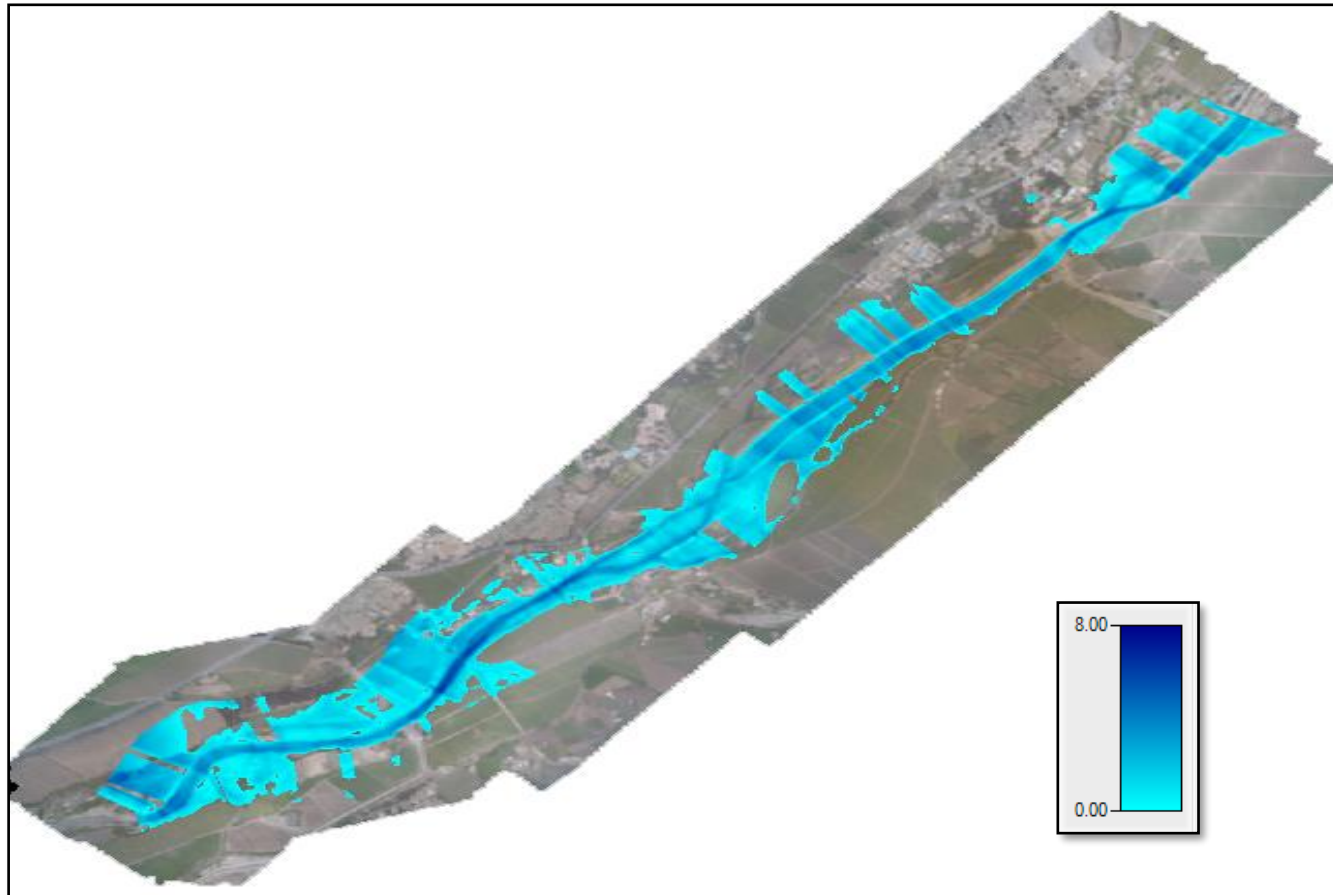


Figura 12 Visualización del Calado

B. Velocidad sin Dique de Protección



Figura 13 Visualización de la Velocidad

C. Distancia vs Velocidad sin corredor (Hec Ras)

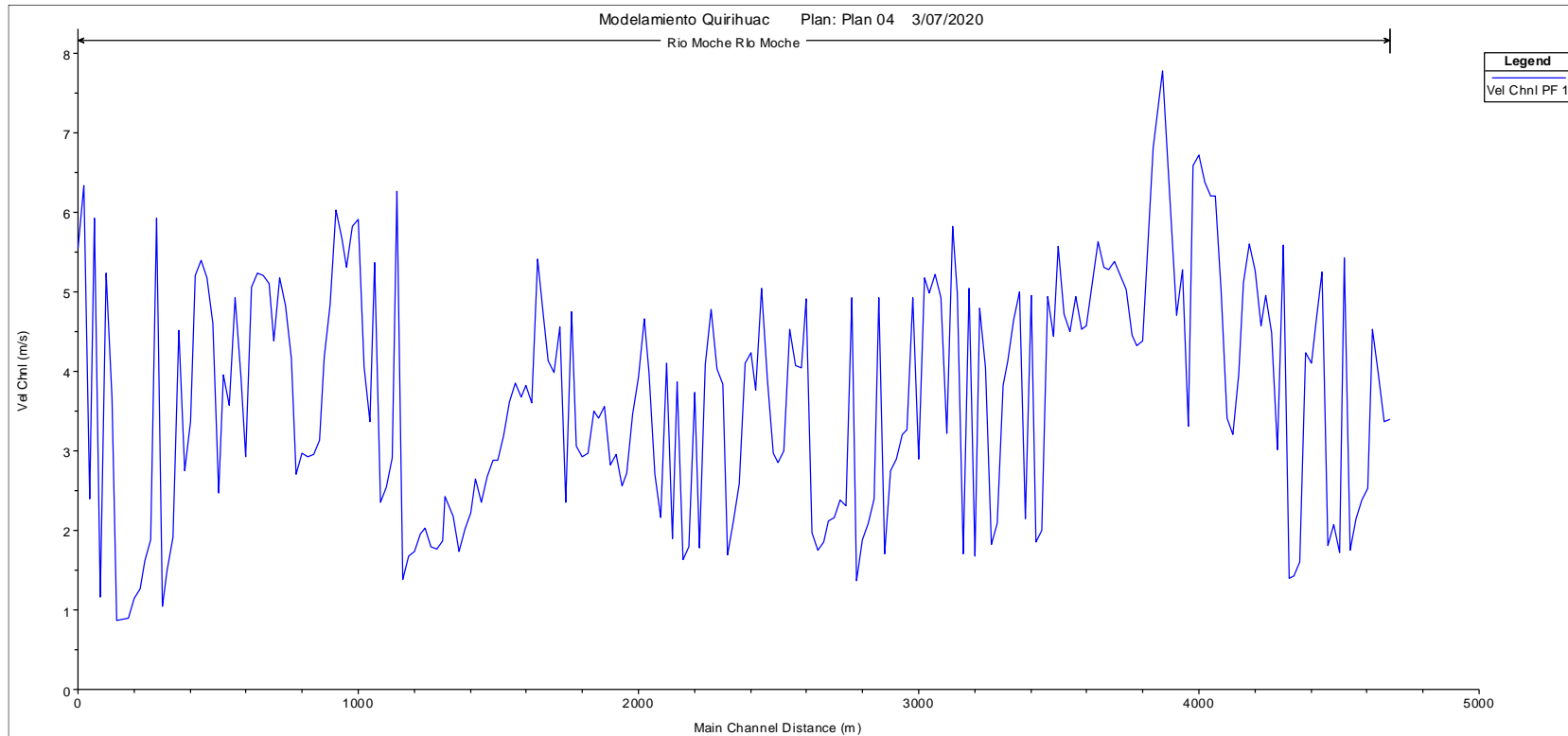


Figura 14 Distancia vs Velocidad sin corredor

D. Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (Hec Ras)

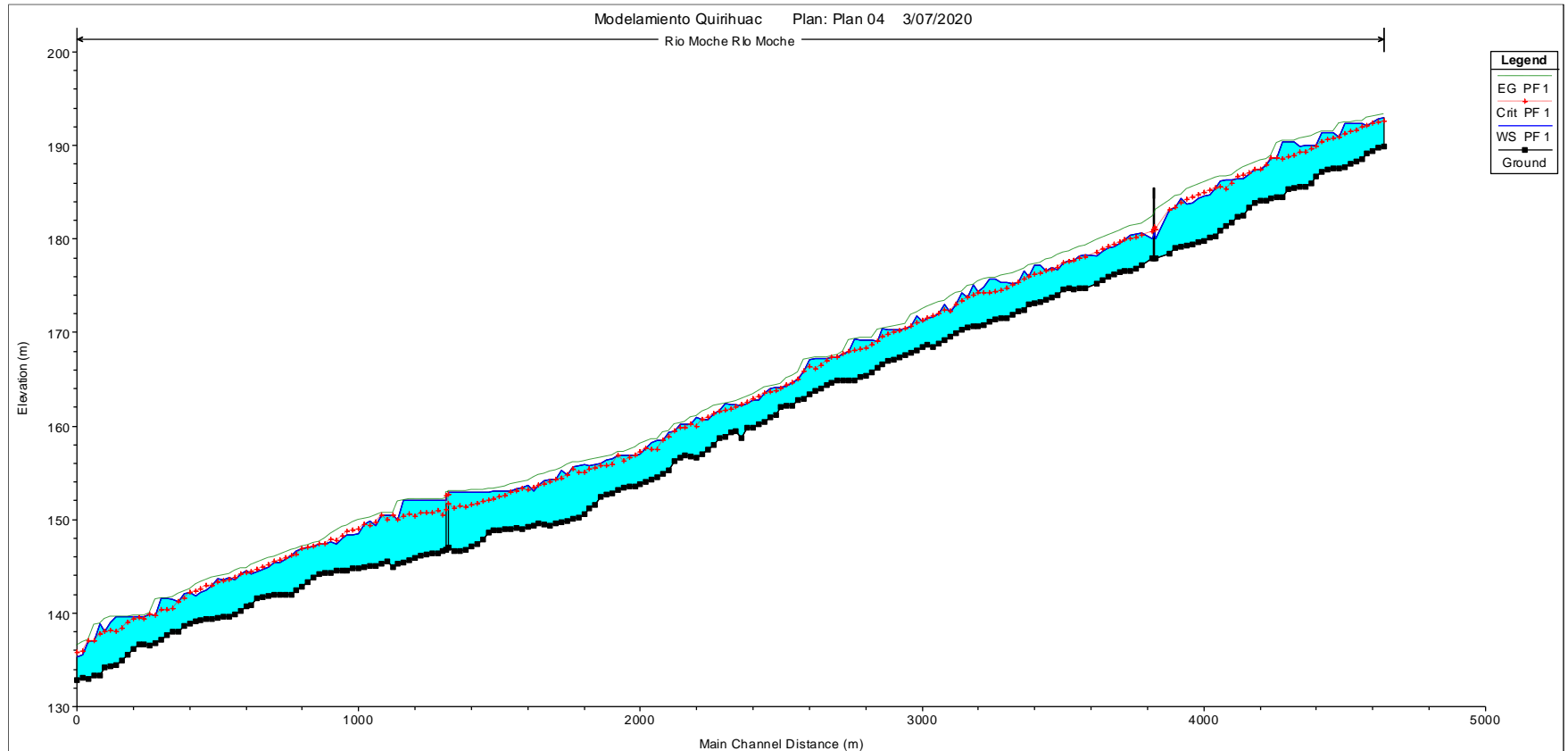


Figura 15 Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (Hec Ras)

E. Perspectiva 3d del calado sin Dique de Protección

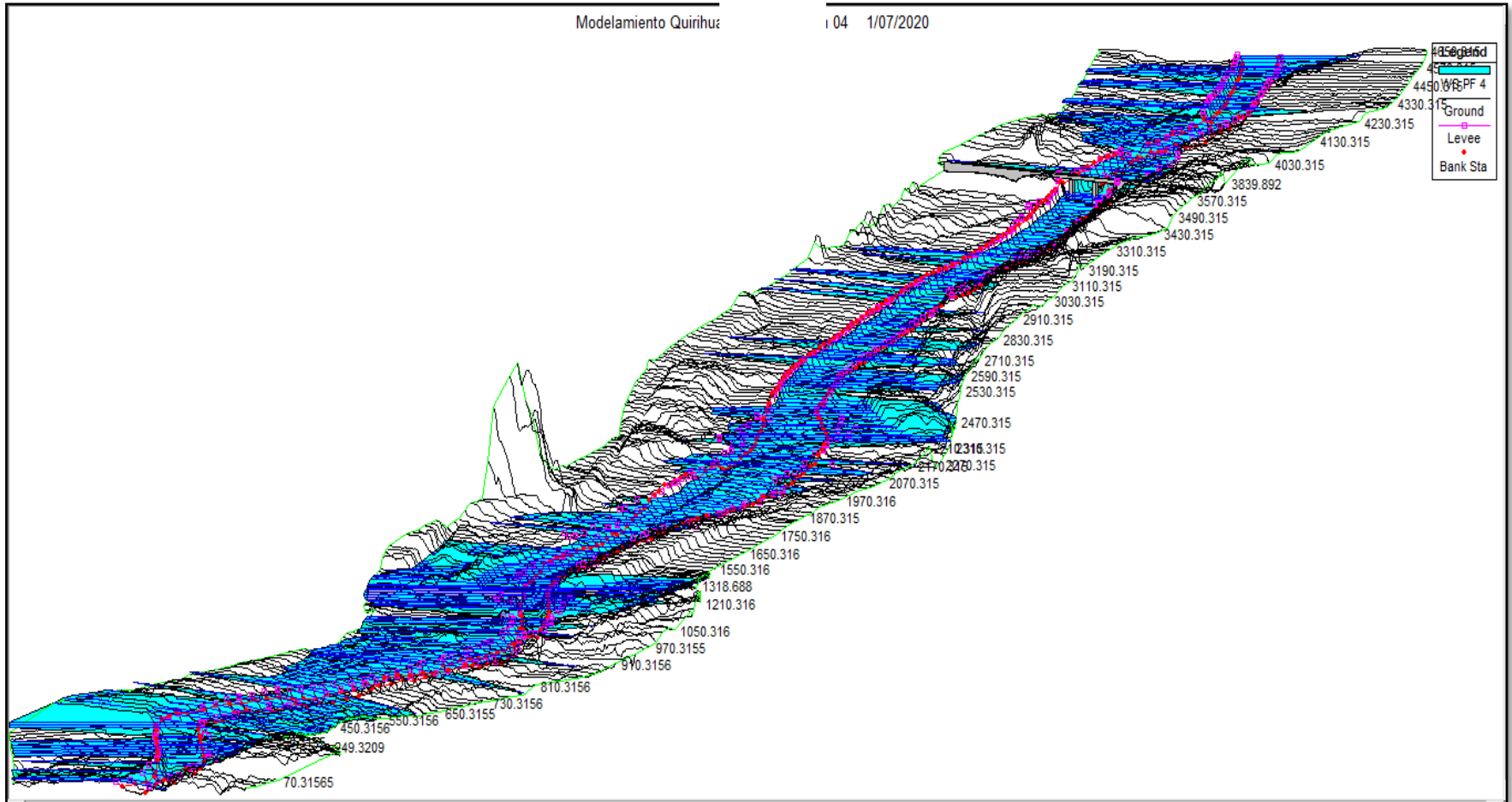


Figura 16 Calado 3D

4.3.1.2. Bidimensional Iber sin Dique de Protección

Modelamiento Bidimensional Sin Diques							
Datos generales				Condiciones iniciales		Simulación	
Eje	Caudal m3/s	Malla	Rugosidad Manning	# Entrada	# Salida	Tiempo(s)	Intervalos
Rio Moche	777	15	Ver Anexos	1	1	3000	30

A. Calado sin Dique de Protección

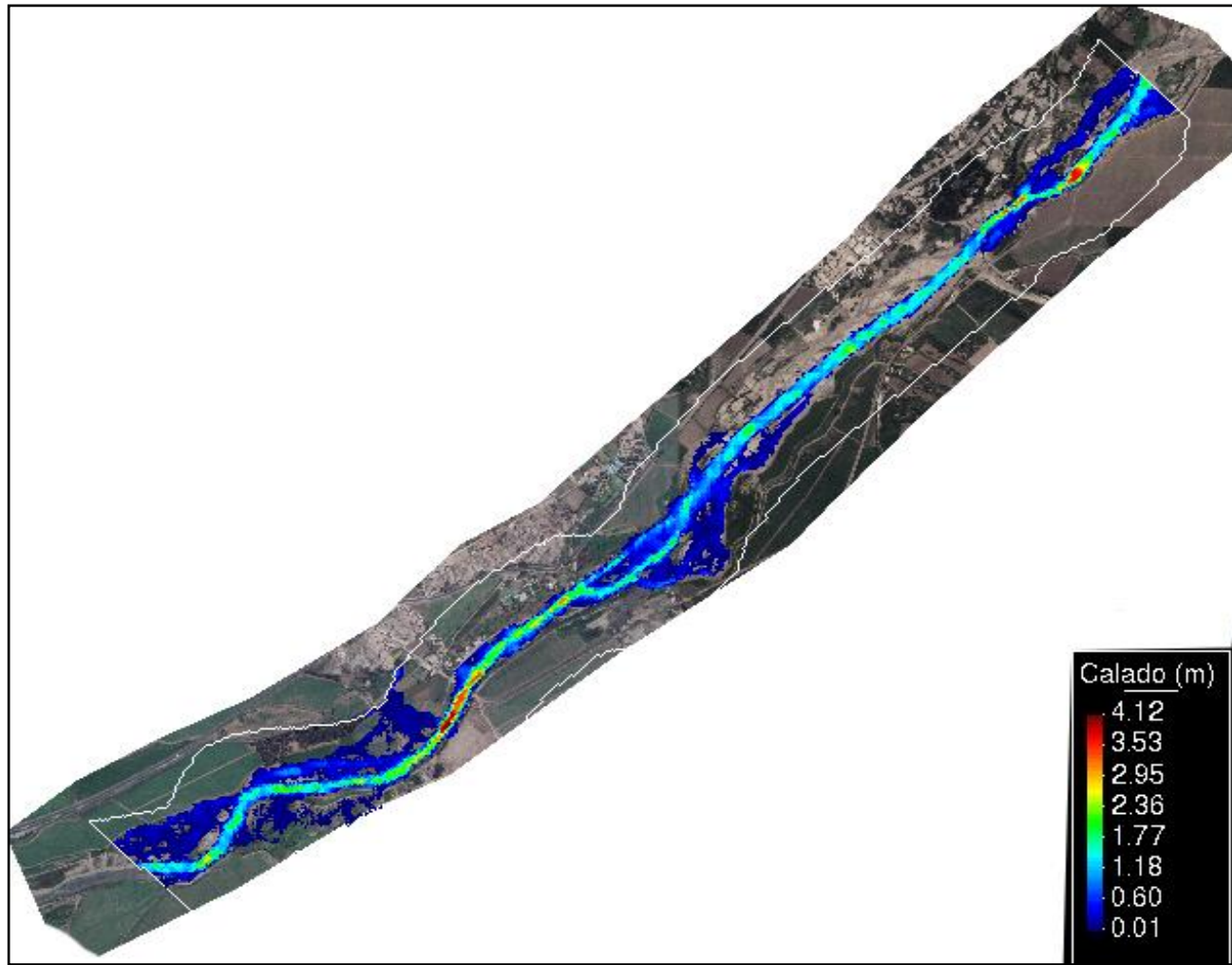


Figura 17 Vista de Calado Con Iber

B. Velocidad sin Dique de Protección

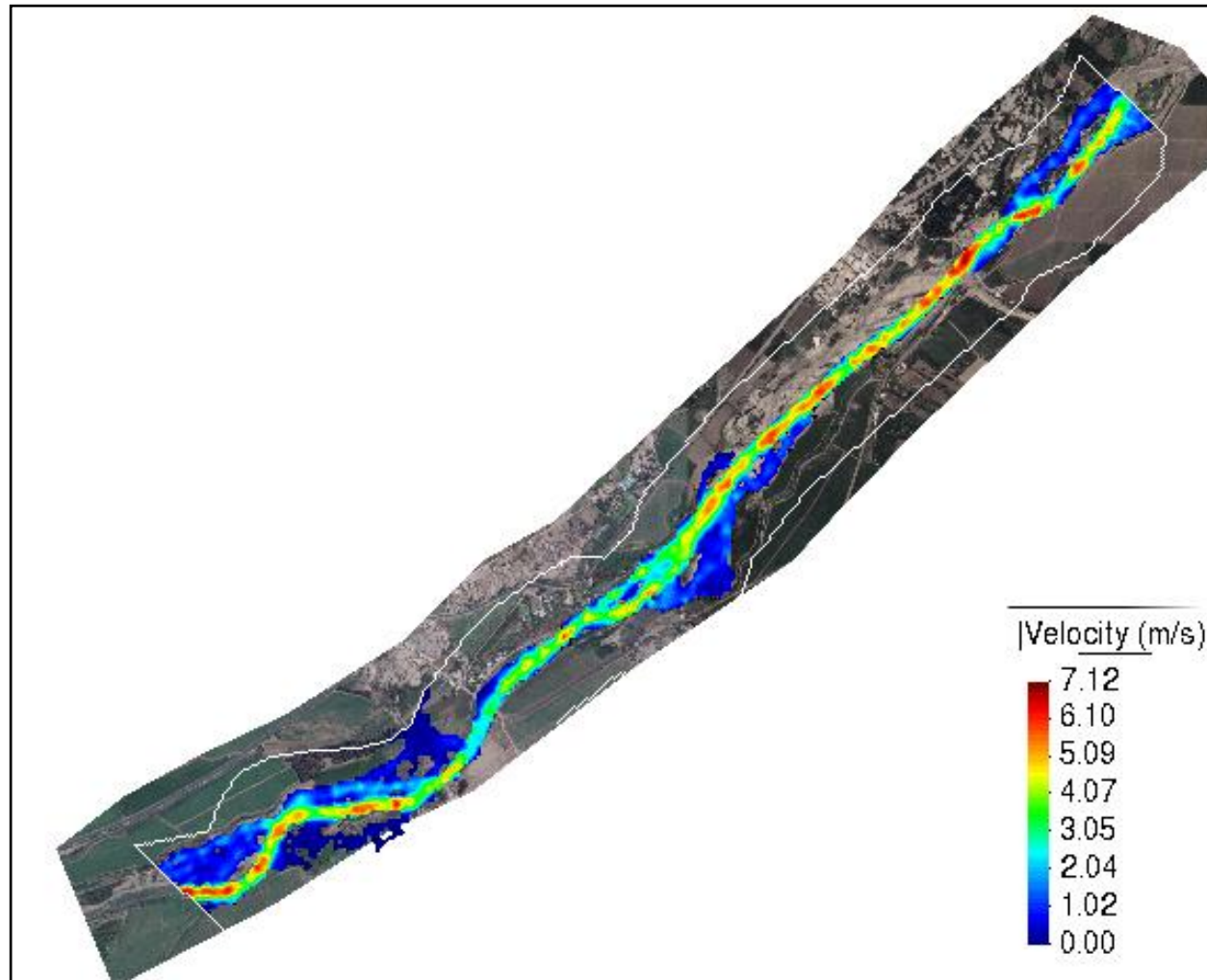


Figura 18 Velocidad sin Dique de Protección

C. Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (IBER)

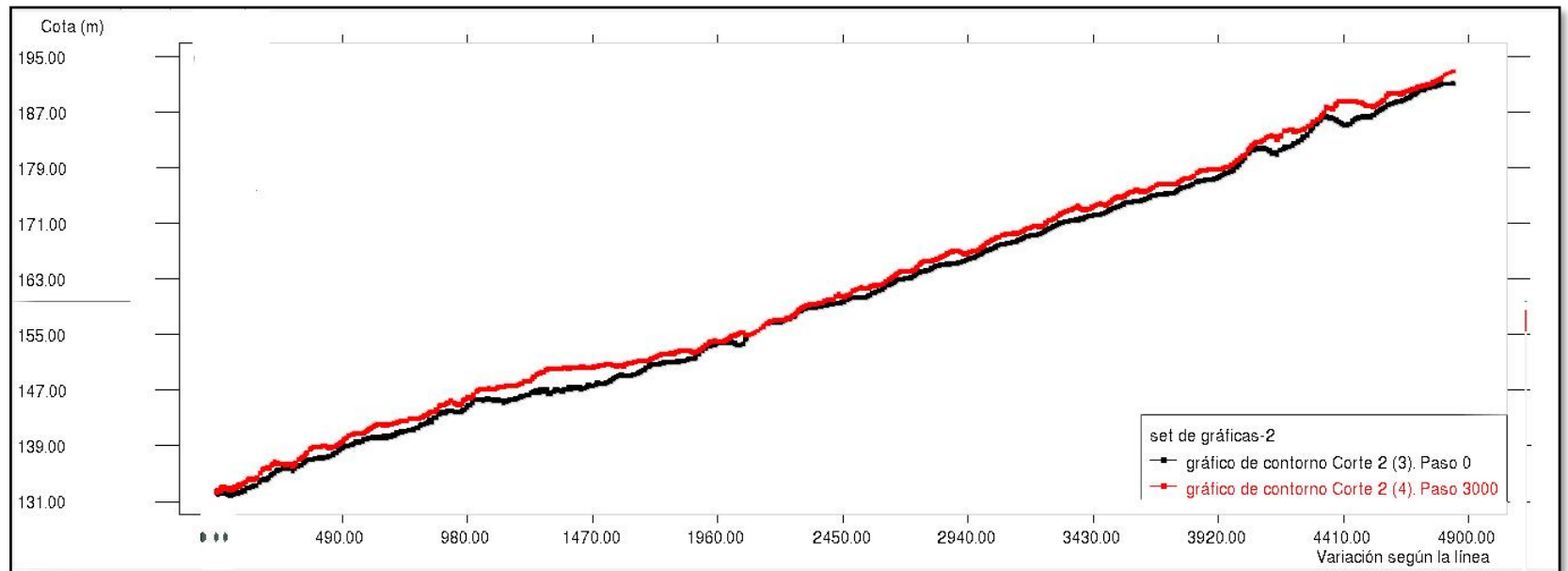


Figura 19 Perfil de calado a lo largo del tramo sin corredor (IBER)

D. Resultados del Modelamiento en Hec Ras sin corredor

Rio	Sección	Caudal (m3/s)	Cota de canal (m)	Cota lamina agua (m)	Tirante Critico (m)	Línea de energía (m)	Pendiente línea de energía (m/m)	Vel. Canal (m/s)	Área de flujo (m2)	Ancho sup. (m)	# Froude
Rio Moche	4650.315	777	189.93	192.74	192.49	193.21	0.002641	3.1	258.42	161.4	0.63
Rio Moche	4630.315	777	189.71	192.72	192.3	193.15	0.002015	2.95	271.97	145.86	0.56
Rio Moche	4610.315	777	189.37	192.62	192.23	193.1	0.002133	3.23	258.17	131.33	0.59
Rio Moche	4590.315	777	189.19	192.82	192.03	192.98	0.000714	2.04	500.28	263.14	0.35
Rio Moche	4570.315	777	188.59	192.82	191.86	192.96	0.000548	1.87	549.43	257.51	0.31
Rio Moche	4550.315	777	188.25	192.82	191.62	192.94	0.000517	1.91	562.7	256.06	0.3
Rio Moche	4530.315	777	188.02	191.46	191.46	192.8	0.005834	5.22	154.46	58.53	0.97
Rio Moche	4510.315	777	187.69	191.76	191.17	191.96	0.000993	2.45	462.04	271.73	0.41
Rio Moche	4490.315	777	187.54	191.74	190.94	191.94	0.000927	2.45	490.04	267.81	0.4
Rio Moche	4470.315	777	187.5	191.77	190.8	191.9	0.000646	2.11	552.55	254.23	0.34
Rio Moche	4450.315	777	187.4	191.79	190.6	191.88	0.000423	1.77	640.73	254.45	0.28
Rio Moche	4430.315	777	187.13	190.34	190.34	191.73	0.00634	5.37	151.91	55.55	1
Rio Moche	4410.315	777	186.64	191.05	189.96	191.15	0.000443	1.76	636.85	255.35	0.28
Rio Moche	4390.315	777	185.89	189.79	189.66	191.02	0.005365	5.04	162.16	59.13	0.93
Rio Moche	4370.315	777	185.64	189.94	189.34	190.83	0.003275	4.28	190.5	60.22	0.74
Rio Moche	4350.315	777	185.56	189.85	189.25	190.76	0.003423	4.33	187.48	59.1	0.75
Rio Moche	4330.315	777	185.48	190.4	188.97	190.5	0.000389	1.71	657.44	258.86	0.26
Rio Moche	4310.315	777	185.35	190.41	188.78	190.49	0.000284	1.51	734.62	270.79	0.23
Rio Moche	4290.315	777	184.5	190.41	188.52	190.48	0.000243	1.47	774.83	297.91	0.21
Rio Moche	4270.315	777	184.5	188.72	188.72	190.31	0.006183	5.6	139.78	44.73	0.99
Rio Moche	4250.57	777	184.34	188.64	188.64	188.96	0.001994	3.17	373.56	229.6	0.56
Rio Moche	4230.315	777	184.12	187.7	187.7	188.67	0.00944	5.18	198.32	179.48	1.15
Rio Moche	4210.315	777	184.11	187.36	187.48	188.48	0.013959	5.54	176.99	158.14	1.35
Rio Moche	4190.315	777	183.82	187.43	187.44	188.22	0.007764	4.76	222.45	214.89	1.05
Rio Moche	4170.315	777	183.32	186.88	187.05	188.03	0.011157	5.47	184.98	151.47	1.25
Rio Moche	4150.315	777	182.52	186.39	186.82	187.81	0.01145	6.04	174.41	142.89	1.29
Rio Moche	4130.315	777	182.37	186.05	186.65	187.56	0.013814	6.35	158.78	132.14	1.39
Rio Moche	4110.315	777	181.79	185.91	185.91	186.76	0.005757	4.8	211.41	145.12	0.93
Rio Moche	4090.315	777	181.44	185.96	185.39	186.46	0.00228	3.64	275.22	132.4	0.62

Rio Moche	4070.315	777	180.95	185.81	185.47	186.41	0.00253	3.87	255.83	133.71	0.65
Rio Moche	4050.315	777	180.34	185.33	185.33	186.31	0.003712	4.71	183.36	87.58	0.78
Rio Moche	4030.315	777	180.12	184.51	184.98	186.14	0.007867	6.19	144.33	89.82	1.1
Rio Moche	4010.315	777	179.82	184.26	184.82	185.97	0.007687	6.49	143.6	93.3	1.11
Rio Moche	3990.315	777	179.68	183.97	184.57	185.8	0.008962	6.69	135.53	86.48	1.17
Rio Moche	3970.315	777	179.47	183.55	183.89	185.59	0.010295	7.13	132.19	96.6	1.27
Rio Moche	3950.315	777	179.31	184.72	183.76	184.97	0.000849	2.52	414.61	258.41	0.38
Rio Moche	3930.315	777	179.15	184.74	183.36	184.95	0.000618	2.19	448.7	259.34	0.33
Rio Moche	3910.315	777	179.01	183.8	183.8	184.85	0.001708	4.99	237.45	117.47	0.8
Rio Moche	3890.315	777	178.38	183.21	183.21	184.37	0.002021	5.02	204.46	101.58	0.85
Rio Moche	3839.892	777	178	179.91	181.01	183.84	0.020861	8.78	88.52	65.38	2.41
Rio Moche	3833.619	Puente									
Rio Moche	3827.347	777	177.92	179.76	180.76	183.32	0.045304	8.36	93.01	72.72	2.35
Rio Moche	3790.315	777	177.26	179.78	180.39	181.95	0.016619	6.53	119.07	62.51	1.51
Rio Moche	3770.315	777	176.89	179.81	180.18	181.55	0.010981	5.85	132.97	60.68	1.26
Rio Moche	3750.315	777	176.61	180.04	180.04	181.33	0.006557	5.02	154.98	60.5	1
Rio Moche	3730.315	777	176.6	179.82	179.89	181.18	0.007242	5.18	150.08	59.54	1.04
Rio Moche	3710.315	777	176.45	179.38	179.66	180.99	0.009598	5.63	138.12	60.24	1.18
Rio Moche	3690.315	777	176.18	179	179.39	180.77	0.011427	5.9	131.77	60.89	1.28
Rio Moche	3670.315	777	175.94	178.71	179.14	180.53	0.011942	5.98	129.98	60.71	1.3
Rio Moche	3650.315	777	175.62	178.46	178.89	180.29	0.011963	5.99	129.62	60.44	1.31
Rio Moche	3630.315	777	175.2	178.02	178.55	180.02	0.013833	6.26	124.14	61.06	1.4
Rio Moche	3590.315	777	174.7	177.68	178.08	179.44	0.011538	5.88	132.29	62.47	1.29
Rio Moche	3570.315	777	174.75	177.71	177.9	179.18	0.008447	5.37	145.02	62.75	1.12
Rio Moche	3550.315	777	174.64	177.53	177.72	179	0.011553	5.4	145	63.52	1.12
Rio Moche	3530.315	777	174.71	177.59	177.63	178.74	0.006188	4.84	170.5	79.48	0.97
Rio Moche	3510.315	777	174.63	177.24	177.44	178.59	0.007619	5.19	156.07	77.78	1.07
Rio Moche	3490.315	777	173.98	176.54	176.97	178.35	0.011942	5.97	131.09	63.41	1.31
Rio Moche	3470.315	777	173.74	176.25	176.71	178.11	0.012497	6.05	129.83	63.69	1.34
Rio Moche	3450.315	777	173.53	176.37	176.56	177.81	0.008293	5.33	147.45	64.36	1.11
Rio Moche	3430.315	777	173.27	177.22	176.38	177.39	0.000866	2.13	472.68	207.95	0.37
Rio Moche	3410.315	777	173.13	177.23	176.23	177.36	0.000696	1.97	553.51	276.58	0.34
Rio Moche	3390.315	777	173.01	175.97	175.97	177.22	0.006575	4.95	157.94	64.42	1
Rio Moche	3370.315	777	172.45	176.57	175.69	176.77	0.000975	2.28	452.63	214.71	0.4

Rio Moche	3350.315	777	172.21	175.35	175.35	176.62	0.006599	5	155.57	61.31	1
Rio Moche	3330.315	777	171.87	174.79	175.1	176.43	0.009798	5.66	137.71	62.19	1.2
Rio Moche	3310.315	777	171.57	174.36	174.8	176.19	0.011711	6.01	130.67	62.14	1.3
Rio Moche	3290.315	777	171.49	175.24	174.56	176.01	0.002956	3.92	204.74	69.78	0.7
Rio Moche	3270.315	777	171.42	175.63	174.38	175.8	0.000746	2.16	509.17	263.96	0.36
Rio Moche	3250.315	777	171.11	175.64	174.24	175.77	0.000594	1.95	575.35	270.87	0.32
Rio Moche	3230.315	777	170.81	174.84	174.21	175.68	0.003188	4.09	197.24	68.6	0.72
Rio Moche	3210.315	777	170.61	175.33	174.2	175.44	0.000498	1.77	611.15	264.71	0.29
Rio Moche	3190.315	777	170.69	174.01	174.01	175.3	0.006065	5.07	158.4	63.05	0.97
Rio Moche	3170.315	777	170.54	173.38	173.73	175.1	0.009737	5.84	135.88	60.74	1.2
Rio Moche	3150.315	777	170.25	174.26	173.4	174.37	0.000602	1.82	583.89	261.08	0.32
Rio Moche	3130.315	777	169.96	172.97	172.97	174.23	0.006505	4.97	157.67	64.24	0.99
Rio Moche	3110.315	777	169.6	172.07	172.36	173.98	0.013572	6.12	127.06	63.15	1.38
Rio Moche	3090.315	777	169.17	171.88	172.39	173.7	0.012235	5.98	130.17	62.85	1.32
Rio Moche	3070.315	777	168.77	171.51	172	173.43	0.013342	6.15	126.73	62.98	1.37
Rio Moche	3050.315	777	168.44	171.28	171.75	173.16	0.012575	6.08	128.85	62.99	1.34
Rio Moche	3030.315	777	168.7	171.44	171.55	172.82	0.007777	5.24	150.47	64.72	1.08
Rio Moche	3010.315	777	168.46	171.03	171.34	172.63	0.009851	5.61	139.97	64.62	1.2
Rio Moche	2990.315	777	168.05	171.65	171.06	172.08	0.002001	3.13	291.21	116.9	0.57
Rio Moche	2970.315	777	167.79	170.69	170.69	171.93	0.006574	4.93	158.57	65.07	1
Rio Moche	2950.315	777	167.6	170.28	170.39	171.76	0.008719	5.39	145.53	65.39	1.13
Rio Moche	2930.315	777	167.28	170.02	170.17	171.57	0.009358	5.52	141.81	64.42	1.17
Rio Moche	2910.315	777	167.14	169.58	170.02	171.34	0.011589	5.88	132.94	64.13	1.29
Rio Moche	2890.315	777	166.92	170.2	169.78	170.55	0.001902	2.93	314.98	132.99	0.55
Rio Moche	2870.315	777	166.63	170.34	169.51	170.46	0.000678	1.86	587.21	292.92	0.33
Rio Moche	2850.315	777	166.25	169.07	169.07	170.32	0.006575	4.94	158.35	64.4	0.99
Rio Moche	2830.315	777	165.69	169.57	168.64	169.77	0.00094	2.27	422.92	155.99	0.39
Rio Moche	2810.315	777	165.33	168.65	168.38	169.66	0.004703	4.45	175.93	65.41	0.86
Rio Moche	2790.315	777	165.19	169.21	168.24	169.37	0.000768	2.06	475.82	179.61	0.36
Rio Moche	2770.315	777	164.9	169.26	168.11	169.34	0.00039	1.51	744.7	349.76	0.26
Rio Moche	2750.315	777	164.9	167.96	167.96	169.2	0.006489	4.94	158.98	65.03	0.99
Rio Moche	2730.315	777	164.92	167.67	167.7	169.04	0.007843	5.21	150.94	66.52	1.08
Rio Moche	2710.315	777	164.84	167.4	167.4	167.66	0.002087	2.63	360.96	182	0.55
Rio Moche	2690.316	777	164.68	167.3	167.3	167.51	0.001632	2.4	399.56	192.14	0.49

Rio Moche	2670.315	777	164.42	167.14	166.98	167.34	0.001635	2.41	411.33	207.48	0.49
Rio Moche	2650.315	777	163.99	167.15	166.47	167.3	0.001059	2.09	480.46	216.94	0.41
Rio Moche	2630.315	777	163.82	167.14	166.15	167.28	0.00082	1.96	512.97	212.85	0.36
Rio Moche	2610.315	777	163.45	167.08	166.3	167.26	0.000914	2.17	448	174.01	0.39
Rio Moche	2590.315	777	162.95	165.88	165.88	167.11	0.006522	4.92	159.28	65.74	0.99
Rio Moche	2570.315	777	162.74	165.03	165.03	165.79	0.006681	4.29	217.63	137.82	0.97
Rio Moche	2550.316	777	162.21	164.69	164.69	165.42	0.007176	4.28	222.15	147.7	0.99
Rio Moche	2530.315	777	162.16	164.22	164.45	165.24	0.012666	5.04	186.2	145.22	1.29
Rio Moche	2510.316	777	162.02	164.06	163.99	164.54	0.007763	3.6	262.43	219.72	0.98
Rio Moche	2490.315	777	161.22	164.01	163.77	164.39	0.004564	3.26	309.38	239.05	0.78
Rio Moche	2470.315	777	160.97	163.94	163.71	164.31	0.00335	3.14	324.76	242.27	0.69
Rio Moche	2450.315	777	160.45	163.51	163.51	164.19	0.005713	3.97	240.45	177.88	0.9
Rio Moche	2430.315	777	160.14	162.69	163.1	163.95	0.016915	5.38	176.87	208.89	1.46
Rio Moche	2410.315	777	159.79	162.6	162.88	163.54	0.010682	4.61	204.58	214.32	1.18
Rio Moche	2390.316	777	159.78	162.29	162.59	163.28	0.012741	4.78	196.73	240.45	1.27
Rio Moche	2370.315	777	158.71	162.35	162.35	162.86	0.00515	3.5	281.43	262.51	0.84
Rio Moche	2350.315	777	159.51	161.75	162.02	162.66	0.012923	4.56	209.4	249.12	1.27
Rio Moche	2330.315	777	159.29	162.24	161.78	162.46	0.002008	2.35	418.13	301.22	0.53
Rio Moche	2310.315	777	158.84	162.27	161.62	162.4	0.001074	1.85	518.99	306.41	0.4
Rio Moche	2290.316	777	158.67	161.51	161.51	162.29	0.006399	3.95	199.96	126.33	0.94
Rio Moche	2270.315	777	157.99	161.16	161.32	162.12	0.008533	4.37	180.02	122.35	1.07
Rio Moche	2250.315	777	157.49	160.58	160.91	161.88	0.014427	5.06	154.04	111.87	1.35
Rio Moche	2230.315	777	156.96	160.32	160.68	161.67	0.007334	5.18	151.15	113.63	1.43
Rio Moche	2210.315	777	156.64	160.8	159.97	160.93	0.000798	1.54	483.17	305.85	0.34
Rio Moche	2190.315	777	156.77	160.21	160.21	160.85	0.006257	3.6	221.01	168.59	0.91
Rio Moche	2170.315	777	156.9	160.14	159.83	160.33	0.000951	1.53	434.67	283.62	0.36
Rio Moche	2150.315	777	156.63	160.15	159.78	160.31	0.000684	1.36	488.1	297.66	0.31
Rio Moche	2130.315	777	156.19	159.49	159.49	160.22	0.006424	3.8	208.88	145.77	0.93
Rio Moche	2110.315	777	155.32	159.23	158.82	159.45	0.001059	1.64	403.3	226.77	0.38
Rio Moche	2090.315	777	154.84	158.48	158.48	159.34	0.007461	4.11	189.22	109.41	1
Rio Moche	2070.315	777	154.56	158.32	157.44	158.57	0.001352	2.05	355.9	170.18	0.44
Rio Moche	2050.315	777	154.27	158.12	157.54	158.52	0.002731	2.81	276.97	139.29	0.62
Rio Moche	2030.316	777	153.99	157.6	157.6	158.4	0.007078	3.95	197.95	130.28	0.97
Rio Moche	2010.315	777	153.83	156.85	157.2	158.14	0.016096	5.03	154.37	117.6	1.4

Rio Moche	1990.315	777	153.59	156.59	156.9	157.81	0.015316	4.89	159.03	122.2	1.37
Rio Moche	1970.316	777	153.48	156.26	156.57	157.51	0.014618	4.95	156.92	114.18	1.35
Rio Moche	1950.316	777	153.47	156.85	156.2	157.24	0.00255	2.77	280.75	132.34	0.61
Rio Moche	1930.316	777	153.19	156.85	156.85	157.18	0.001991	2.55	306.52	145.03	0.54
Rio Moche	1910.316	777	152.83	155.39	155.88	156.97	0.017493	5.57	139.5	97.32	1.49
Rio Moche	1890.316	777	152.65	156.34	155.79	156.73	0.002713	2.81	282.02	163.88	0.62
Rio Moche	1870.315	777	152.38	155.78	155.78	156.61	0.00682	4.05	194.2	117.83	0.97
Rio Moche	1850.315	777	151.61	155.33	155.51	156.42	0.009614	4.62	167.87	105.29	1.13
Rio Moche	1830.316	777	151.23	155.52	155.34	156.29	0.003799	3.98	206.65	133.8	0.88
Rio Moche	1810.315	777	150.57	155.63	155	156.18	0.001386	3.38	260.49	149.39	0.69
Rio Moche	1790.316	777	150.25	155.64	155.06	156.13	0.001421	3.31	291.17	193.17	0.69
Rio Moche	1770.316	777	150.04	155.39	155.39	156.08	0.002119	3.89	253.98	209.83	0.83
Rio Moche	1750.316	777	149.83	154.49	154.75	155.95	0.003355	5.39	151.19	71.45	1.07
Rio Moche	1730.315	777	149.7	155.06	154.34	155.38	0.000663	2.78	392.61	250.55	0.5
Rio Moche	1710.316	777	149.57	154.19	154.19	155.28	0.006064	4.65	168.58	76.43	0.95
Rio Moche	1690.316	777	149.4	153.6	153.98	155.09	0.00961	5.48	145.02	76.31	1.18
Rio Moche	1670.316	777	149.42	153.79	153.79	154.88	0.006258	4.65	168.98	78.01	0.96
Rio Moche	1650.316	777	149.54	153.56	153.66	154.74	0.006852	4.85	161.81	73.96	1.01
Rio Moche	1630.315	777	149.38	152.9	153.41	154.51	0.012615	5.75	139.45	88.13	1.32
Rio Moche	1610.316	777	149.17	153.05	153.13	154.15	0.009046	4.82	168.76	153.25	1.12
Rio Moche	1590.316	777	148.93	153.14	153.24	153.93	0.005802	4.04	198.35	151.88	0.9
Rio Moche	1570.315	777	149.13	152.88	153.06	153.79	0.006628	4.25	183.81	128.57	0.96
Rio Moche	1550.316	777	148.99	152.76	152.92	153.67	0.006334	4.28	184.22	130.49	0.95
Rio Moche	1530.316	777	148.92	152.26	152.53	153.48	0.00908	5	159.05	96.99	1.13
Rio Moche	1510.316	777	148.84	152.73	152.38	153.25	0.002728	3.23	244.7	143.83	0.65
Rio Moche	1490.315	777	148.84	152.75	152.03	153.18	0.001747	2.7	271.47	136.45	0.52
Rio Moche	1470.316	777	148.56	152.75	151.92	153.13	0.001485	2.64	285.7	138.41	0.49
Rio Moche	1450.316	777	147.9	152.8	151.83	153.08	0.00105	2.36	337.82	179.99	0.42
Rio Moche	1430.316	777	147.35	152.85	151.57	153.03	0.000605	2	421.05	208.94	0.32
Rio Moche	1410.316	777	147.17	152.79	151.42	153.02	0.000649	2.2	386.77	263.35	0.34
Rio Moche	1390.316	777	146.78	152.84	151.21	152.98	0.000443	1.83	489.57	312.84	0.28
Rio Moche	1370.316	777	146.63	152.85	151.38	152.97	0.000326	1.6	545.8	316.66	0.24
Rio Moche	1350.316	777	146.64	152.87	151.16	152.95	0.000219	1.36	680.76	380.39	0.2
Rio Moche	1330.291	777	147.02	152.84	151.6	152.94	0.000402	1.74	607.73	418.53	0.27

Rio Moche	1324.489	Puente									
Rio Moche	1318.688	777	146.72	151.99	151.08	152.13	0.000533	1.98	498.03	361.51	0.31
Rio Moche	1310.316	777	146.67	152.03	150.51	152.11	0.000277	1.49	640.1	385.67	0.22
Rio Moche	1290.316	777	146.45	152.03	150.9	152.11	0.000237	1.4	672.67	386.76	0.21
Rio Moche	1270.316	777	146.37	152.01	150.69	152.1	0.0003	1.64	667.98	350.4	0.24
Rio Moche	1250.316	777	146.3	151.98	150.74	152.09	0.000401	1.87	598.31	347.84	0.27
Rio Moche	1230.316	777	146.16	151.98	150.67	152.08	0.000363	1.79	610.01	314.72	0.26
Rio Moche	1210.316	777	145.88	151.99	150.38	152.07	0.000266	1.58	676.98	316.55	0.22
Rio Moche	1190.316	777	145.67	151.99	150.57	152.06	0.000246	1.5	692.97	307.54	0.21
Rio Moche	1170.316	777	145.38	152	150.24	152.05	0.00014	1.21	837.09	316.69	0.16
Rio Moche	1150.316	777	145.24	149.98	149.98	151.86	0.00586	6.19	130.79	40.87	1
Rio Moche	1130.316	777	144.96	150.47	150.43	150.68	0.001223	2.59	409.4	267.52	0.44
Rio Moche	1110.315	777	145.47	150.49	149.95	150.65	0.000814	2.2	457	252.15	0.37
Rio Moche	1090.315	777	145.25	150.49	150.49	150.63	0.000569	2.04	508.91	264.67	0.32
Rio Moche	1070.316	777	145.04	149.98	149.68	150.26	0.001272	2.98	380.46	250.16	0.47
Rio Moche	1050.316	777	145.07	149.29	149.29	150.17	0.003903	4.7	231.34	241.89	0.81
Rio Moche	1030.316	777	144.97	149.21	149.45	150.09	0.004369	4.78	226.29	201.21	0.85
Rio Moche	1010.316	777	144.83	148.38	148.93	149.92	0.008334	6.16	167.71	150.12	1.15
Rio Moche	990.3155	777	144.77	148.17	148.74	149.75	0.008956	6.27	167.26	168.86	1.18
Rio Moche	970.3155	777	144.57	148.14	148.6	149.54	0.008078	6.02	186.47	211.85	1.12
Rio Moche	950.3156	777	144.52	148.22	148.22	148.8	0.003222	4.13	273.11	239.87	0.73
Rio Moche	930.3156	777	144.56	147.5	147.77	148.66	0.007025	5.28	185.35	172.67	1.04
Rio Moche	910.3156	777	144.25	147.48	147.83	148.46	0.007555	5.17	205.54	242.45	1.06
Rio Moche	890.3156	777	144.29	147.37	147.37	147.88	0.00475	3.78	259.62	228.07	0.83
Rio Moche	870.3156	777	144.15	147.33	147.33	147.6	0.002213	2.71	344.4	255.05	0.57
Rio Moche	850.3156	777	143.78	147.19	147.19	147.45	0.001904	2.58	353.03	250.97	0.53
Rio Moche	830.3156	777	143.27	147.03	147.03	147.28	0.001723	2.55	362.37	238.33	0.51
Rio Moche	810.3156	777	142.81	146.89	146.89	147.15	0.00168	2.62	357.87	227.97	0.51
Rio Moche	790.3155	777	142.44	146.44	146.26	146.71	0.002102	2.76	372.91	342.9	0.56
Rio Moche	770.3156	777	142.01	146.08	146.08	146.62	0.004113	3.95	254.58	198.71	0.78
Rio Moche	750.3155	777	141.94	145.6	145.84	146.49	0.007352	4.97	204.3	186.8	1.04
Rio Moche	730.3156	777	141.95	145.24	145.57	146.32	0.008447	5.52	188.96	172.89	1.12
Rio Moche	710.3156	777	141.95	145.03	145.4	146.16	0.00803	5.48	184.93	168.04	1.1
Rio Moche	690.3156	777	141.81	144.66	145.09	145.99	0.009397	5.72	173.3	160.08	1.18

Rio Moche	670.3155	777	141.74	144.39	144.84	145.8	0.009641	5.84	168.51	157.2	1.21
Rio Moche	650.3155	777	141.53	144.13	144.59	145.58	0.009861	5.89	164.06	145.4	1.22
Rio Moche	630.3155	777	140.87	144.36	144.36	145.01	0.003666	4.09	239.28	169.35	0.77
Rio Moche	610.3155	777	140.75	144.45	144.24	144.71	0.001549	2.86	404.57	387.95	0.51
Rio Moche	590.3156	777	140.27	144.02	144.02	144.63	0.003288	4.02	260.96	216.63	0.73
Rio Moche	570.3156	777	139.81	143.52	143.77	144.51	0.006093	4.99	203.49	189.75	0.97
Rio Moche	550.3156	777	139.61	143.02	143.44	144.32	0.010376	5.72	170.85	158.96	1.23
Rio Moche	530.3155	777	139.62	143.17	143.38	144.06	0.006136	4.8	208.67	177.22	0.97
Rio Moche	510.3156	777	139.48	143.57	143.27	143.76	0.001078	2.45	455.52	340.65	0.43
Rio Moche	490.3155	777	139.41	142.96	142.96	143.67	0.004298	4.3	242.03	224	0.82
Rio Moche	470.3156	777	139.36	142.44	142.81	143.53	0.007576	5.2	204.81	292.72	1.06
Rio Moche	450.3156	777	139.28	142.07	142.5	143.36	0.008912	5.57	195.33	286.55	1.16
Rio Moche	430.3156	777	139.12	141.77	142.28	143.16	0.009449	5.56	172.44	212.76	1.18
Rio Moche	410.3156	777	138.9	142.12	142.12	142.51	0.002599	3.26	337.11	372.88	0.63
Rio Moche	390.3156	777	138.59	141.98	141.56	142.22	0.00148	2.58	405.07	356.86	0.48
Rio Moche	370.3156	777	138.04	141.16	141.16	142.1	0.005664	4.41	183.72	103.58	0.92
Rio Moche	350.3155	777	138.03	141.4	140.49	141.54	0.000739	1.79	491.89	263.61	0.34
Rio Moche	330.3155	777	137.65	141.43	140.32	141.51	0.000351	1.35	614.39	259.58	0.24
Rio Moche	310.3156	777	137.16	141.46	140.36	141.49	0.000148	0.93	916.83	392.37	0.16
Rio Moche	290.3155	777	136.8	139.75	139.75	141.33	0.011631	5.8	151.85	150.6	1.29
Rio Moche	270.3156	777	136.57	139.85	139.85	139.98	0.000766	1.6	484.73	256.05	0.33
Rio Moche	249.3209	777	136.6	139.83	139.36	139.91	0.000406	1.21	622.3	332.37	0.25
Rio Moche	230.3155	777	136.61	139.84	139.45	139.9	0.00024	0.96	736.68	334.29	0.19
Rio Moche	210.3156	777	136.22	139.84	139.36	139.89	0.000164	0.88	822.54	322.04	0.16
Rio Moche	190.3156	777	135.5	139.85	139	139.88	0.00009	0.69	967.66	315.37	0.12
Rio Moche	170.3156	777	134.9	139.09	138.44	139.81	0.002729	3.82	216.36	93.09	0.67
Rio Moche	150.3155	777	134.47	139.57	137.96	139.6	0.00008	0.73	990.36	294.54	0.12
Rio Moche	130.3156	777	134.34	138.93	138.08	139.54	0.001983	3.61	236.74	87.07	0.58
Rio Moche	110.3155	777	134.13	138.05	138.05	139.4	0.005141	5.2	156.45	66.34	0.91
Rio Moche	90.31558	777	133.37	138.8	137.84	138.85	0.000125	0.99	809.33	247.16	0.15
Rio Moche	70.31565	777	133.27	137.02	137.02	138.68	0.007083	5.84	140.34	61.66	1.07
Rio Moche	50.31564	777	133	136.97	136.97	137.13	0.000805	2.06	452.47	242.88	0.36
Rio Moche	30.31556	777	133.08	135.4	135.87	136.95	0.016382	6.45	158.12	204.99	1.5
Rio Moche	10.31555	777	132.87	135.67	135.67	136.16	0.003711	3.73	274.77	234.3	0.75

4.4. Diseño de Diques de Enrocado

4.4.1. Cálculo de ancho estable

Tabla 31

Calculo de ancho estable

CÁLCULO DE ANCHO ESTABLE								
Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			MÉTODO DE BLENCH	
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}			B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}	
777.00	Condiciones de Fondo de rio	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores	
	Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.8	78.05	Descripción	n	75.06	Factor de Fondo	F _b
Cauces de Rios con Vegetación = 0.033 - 0.029				0.029	Material Grueso		1.2	
MÉTODO DE PETTIS		Descripción		K				Factor de Orilla
0.01233	B = 4.44 Q ^{0.5}			Valor practico = 10			10	
B (m)			Coeficiente de Tipo de Rio			123.76		
Descripción		m		Para cauces aluviales			1	

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Resultados del ancho estable

Tabla 32

Resultados de Ancho Estable

RESULTADOS DE ANCHO ESTABLE		
MÉTODO		B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON		78.05
MÉTODO DE PETTIS		123.76
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING		75.06
MÉTODO DE BLENCH		174.78
RECOMENDACIÓN PRACTICA		86.62
	PROMEDIO B :	79.91
	SE ADOPTA B :	80.00
		<u>Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.</u>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se optó por descartar al momento de hacer el promedio, el Método de Pettis y Método de Blench debido a que había un amplio margen con los otros métodos y poder tener un promedio más exacto

4.4.3. Cálculo de Tirante

Tabla 33
Cálculo de Tirante

CÁLCULO DEL TIRANTE			
MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)			
$t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$			t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			(m)
Descripción		Ks	1.9
Cauces de Rios con Vegetación = 30 -35		30	
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	777.00		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	80.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.01233		

Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Numero de Froude

Tabla 35
Número de Froude

Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$			
Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 5.64	g = 9.81	y = A / B y = 1.81	1.34

Fuente: Elaboración propia

4.4.6. Calculo de Altura de Dique

Tabla 36
Altura de Dique

Borde Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE MURO (H_D)
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	ϕ	e = V ² /2g	BL	$H_M = y + BL$
3000.00	4000.00	2	1.2	1.95	y : Tirante de diseño (m)
2000.00	3000.00	1.7			y = 1.90m
1000.00	2000.00	1.4			$H_M = 3.85$ m
500.00	1000.00	1.2			Por Procesos Constructivos
100.00	500.00	1.1			H_M 4.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37
Calculo de la Altura de Dique

Cálculo de la Altura de Dique	
ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	4.00
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	4.00
ANCHO DE CORONA (m)	4.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38
Talud

Talud de Enrocado		
TALUD	H	V
Cara Húmeda	1.75	1
Cara seca	1.5	1

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.1. Área de Dique

AREA (m ²)	34.00
------------------------	-------

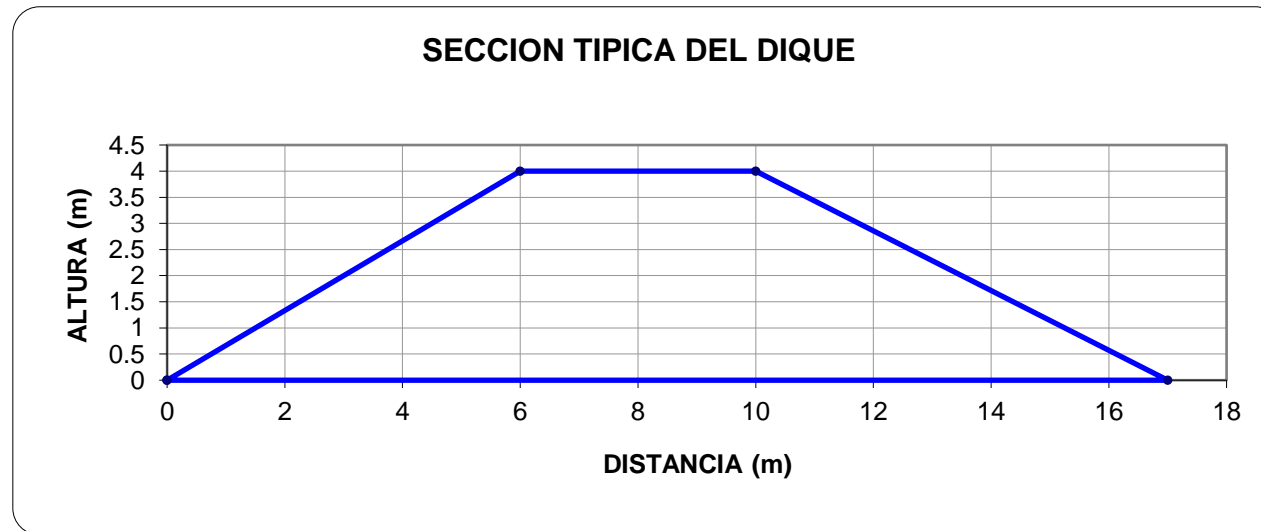


Figura 20 Sección Típica de Dique

4.4.7. Estabilidad de Terraplén

Tabla 39

Estabilidad de Terraplén

Fuerza Resistente (Tn/m)			ANALISIS DE ESTABILIDAD
$R = W * \text{Tag } \emptyset$			
W = Peso del Terraplén		R	R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA
Área Dique (m ²)	34.00	45947.62	
Densidad del material (kg/ m ³)	1930		
W =	65620.0		
Angulo de fricción interna en grados(tipo de material de Rio)			
\emptyset	35		
Tag \emptyset	0.70		
Presión del Agua (kg/m²)			
$P = P_w * t^2/2$		P	
P _w =	1000	1805.00	
Tirante			
t =	1.90		

Fuente: Elaboración propia

4.4.8. Cálculo de Socavación

Tabla 40
Coeficiente de Contracción

Velocidad (m/s)	Coeficiente de Contracción, μ						
	Longitud libre entre los estribos						
	10 m.	13 m.	16 m.	18 m.	21 m.	25 m.	30 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
1052	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
>4.00	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41
Longitud Libre entre los Estribos

Velocidad (m/s)	Longitud libre entre los estribos					
	42 m.	52 m.	63 m.	106 m.	124 m.	200 m.
<1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.00	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Elaboración propia

Para hallar el coeficiente de contracción utilizamos la Tabla 40

Tabla 42
Valores de B Y μ

Valores de B Y μ	
V_m	5.644
B	80.00
μ	0.990

Fuente: Elaboración propia

Para hallar el coeficiente β utilizamos la Tabla 43
Valores del Coeficiente β

Tabla 43
Valores del Coeficiente β

Valores del Coeficiente β		
PeRiodo de Retorno (Años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1,000.00	0.10	1.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44
Coeficiente β

Coeficiente β	
PeRiodo de retorno 200 años	
$\beta =$	1.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45
Coeficiente X

Coeficiente X	
X	1/(X+1)
0.3240	0.76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46
Método de Lischtván Levediev

METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	
Suelos Granulares - No Cohesivos	
$t_s = ((\gamma t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$	
Suelos Cohesivos	
$t_s = ((\gamma t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$	
t_s	Tirante después de producirse la socavación (m)
t	Tirante sin socavación (m)
t	1.9 m
D_{50}	Diámetro Medio de las partículas (mm)
D_{50}	18 mm
γ_s	Peso Específico suelo (Kg/m ³)
μ	Coefficiente de Contracción
β	Coefficiente >>>>>
β	$Q / (t_m^{5/3} B \mu)$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47
Calculo del coeficiente a

Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coefficiente de Contracción (μ)	Ancho Estable	a
t_m = 1.81	777.00	μ = 0.99	B = 80.00	3.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48
Tirante de Socavación

X: Exponente que depende de: D _m para suelos Granulares No Cohesivos y g _s para suelos cohesivos.		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X	1/x+1		$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
0.32	0.76	β 1.02	t _s = 4.27 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49
Profundidad de Socavación

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)	
H _s =	t _s - t
H_s =	2.37 m

Fuente: Elaboración propia

4.4.9. Calculo de Profundidad de Uña

Tabla 50
Profundidad de Uña

Profundidad de Uña (P _{UÑA})	=	FS * H _s
FS	=	1.5
P _{UÑA}	=	3.55

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, seleccionamos

P_{uña} = 4.00 m

4.4.10. Calculo para determinar el uso de filtros

Tabla 51

Velocidad del agua entre el enrocado y el fondo

V _a : velocidad del agua entre el enrocado y el fondo.		V_a (m/s)
$V_a = (D_{50} / 2)^{2/3} * S^{1/2} / n_f$		
n _f =	Rugosidad del fondo	
Condición	n _f	0.24
Sin filtro o hay filtro de Geotextil	0.02	
Pendiente Tramo de estudio		
S	0.01233	
Diámetro medio de la roca (D₅₀)		
D ₅₀	0.02 m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado

Determinación de la velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado (V_e)	
V _e = velocidad que puede soportar el suelo sin ser erosionado	V_e (m/s)
$V_e = 16.1 * (D_{50})^{1/2}$	
D50	Diámetro de partículas del suelo base (m)
D50	0.018 m
Verificación :	
Como V _a > V _e : Habrá Erosión ==> SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FILTRO DE GEOTEXTIL O UN FILTRO DE GRAVA	
2.16	

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Determinación del tamaño de Filtro

- El filtro a usarse será constituido por gravilla, teniendo el siguiente criterio:

$$e=(20a25)*D_{50} \text{ Filtro}$$

- El D50 de la gravilla obtenida en el laboratorio generalmente se encuentra entre 1 cm a 1.5cm por lo cual asumimos.

$$D_{50}\text{Filtro} = 1.8 \text{ cm}$$

Luego se obtiene:

$$e=20*1.5=36.00\text{cm}$$

- En la selección del espesor del filtro se debe tener en cuenta, lo siguiente:
 - Si $e_{\text{filtro}} > 30\text{cm}$, (El filtro usado se desliza o chorrea).
 - Si $e_{\text{filtro}} < 30\text{cm}$, (El filtro usado es Estable).

4.5. Estudio de inundabilidad con protección

4.5.1. Caudal de 777 m³/s con protección

4.5.1.1. Unidimensional Hec Ras con Dique de Protección

Modelamiento Unidimensional con Diques						
Datos generales				Condiciones de Borde		Flujo
Eje	# secciones	Caudal m ³ /s	Rugosidad Manning	Aguas arriba	Aguas abajo	
Rio Moche	333	777	Ver Anexos	0.12328	0.12328	Mixto

A. Calado con Dique de Protección



Figura 21 Calado con Dique de Protección

B. Velocidad con Dique de Protección

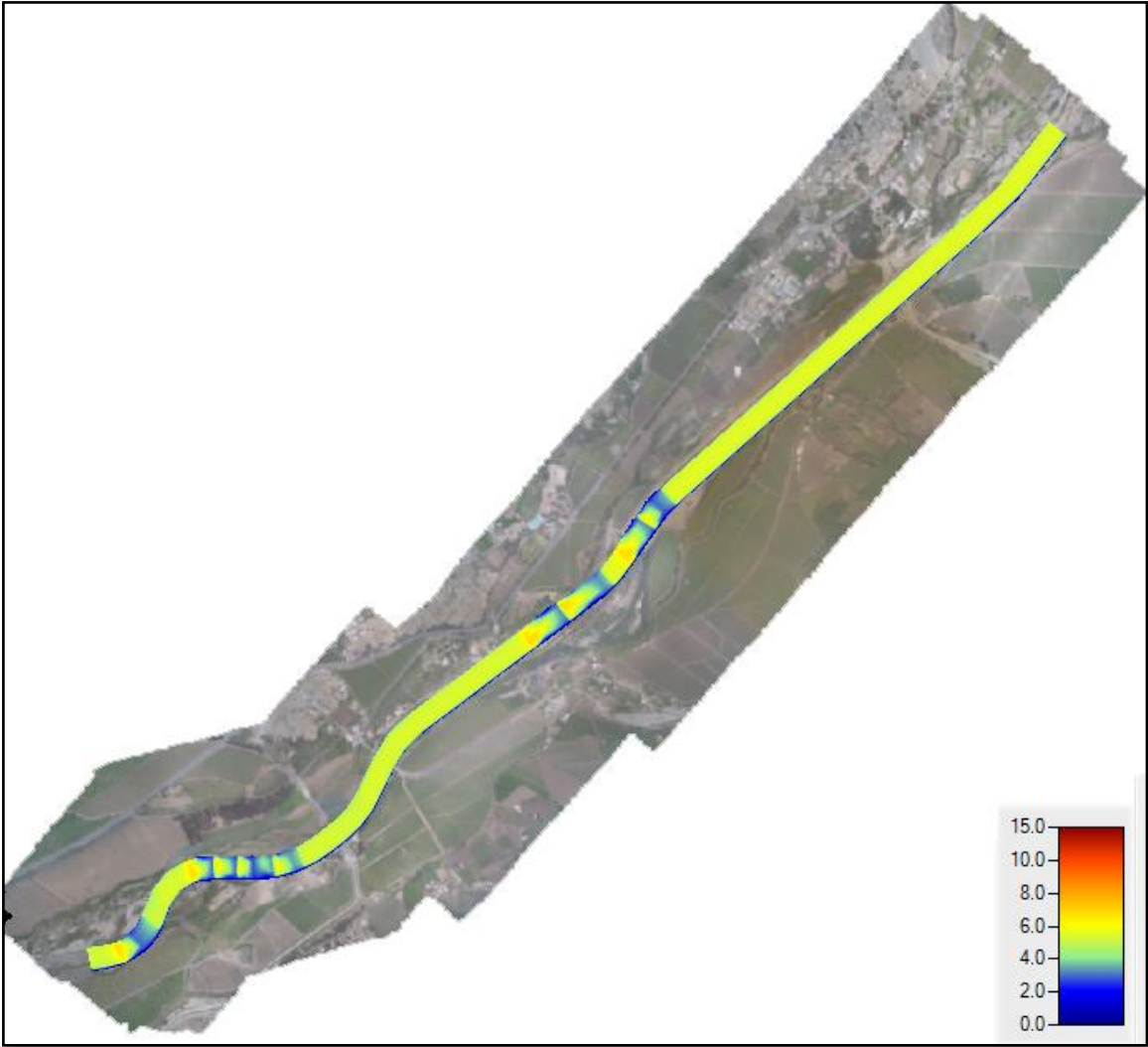


Figura 22 Velocidad con Dique de Protección

C. Distancia vs Velocidad con Dique de Protección

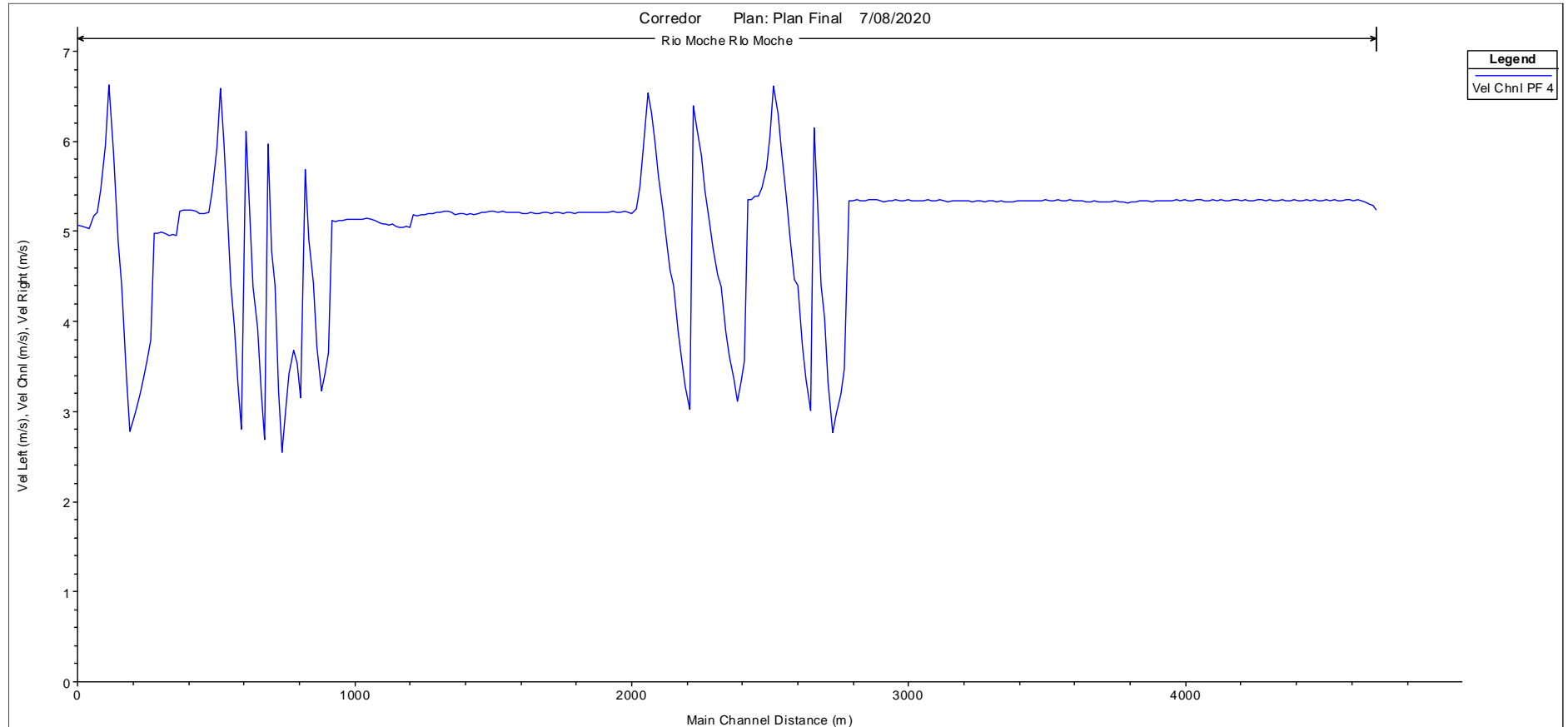


Figura 23 Distancia vs Velocidad con Dique de Protección

D. Perfil de calado a lo largo del tramo con corredor (Hec Ras)

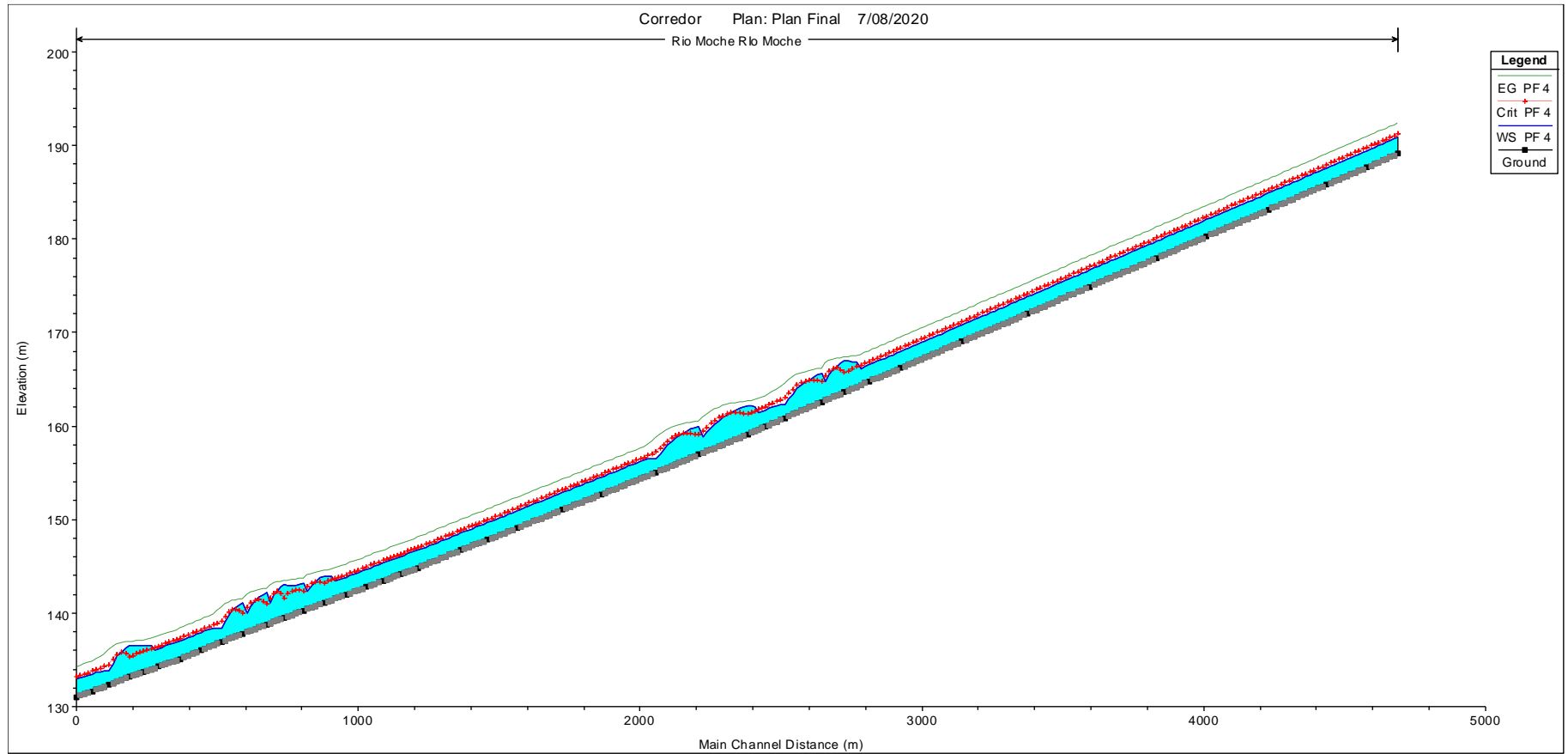


Figura 24 Perfil de calado a lo largo del tramo con corredor (Hec Ras)

E. Perspectiva 3d del calado con Dique de Protección

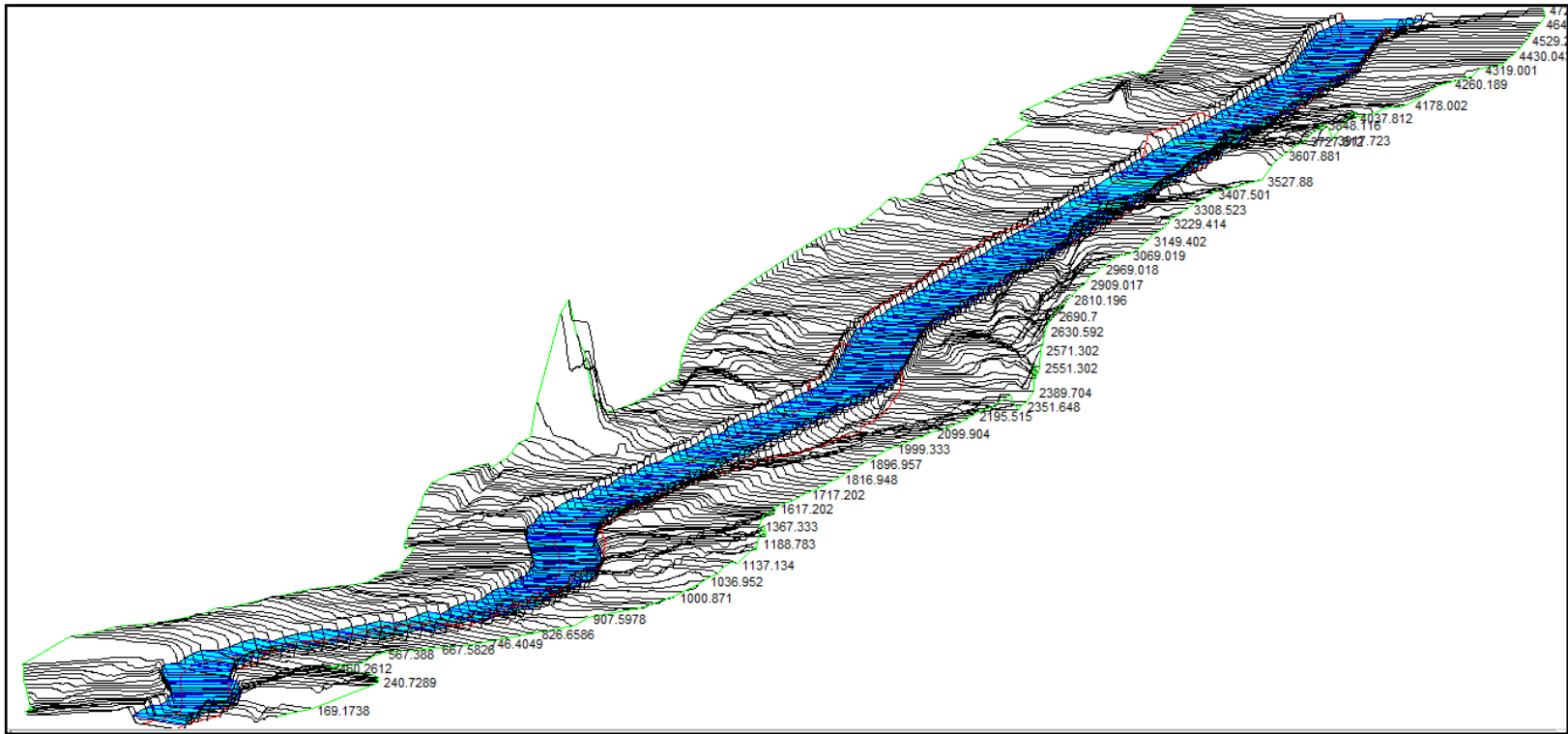


Figura 25 Calado 3D con Dique de Protección

F. Resultados del Modelamiento en Hec Ras con corredor

Rio	Sección	Caudal (m3/s)	Cota de Canal (m)	Cota lamina Agua (m)	Tirante critico (m)	Línea de Energía (m)	Pendiente línea energía (m/m)	Vel. Canal (m/s)	Área de Flujo (m2)	Ancho Sup. (m)	# Froude
Rio Moche	15461	777	189.11	190.91	191.21	192.31	0.012015	5.24	148.33	85.41	1.27
Rio Moche	15415.6*	777	188.93	190.72	191.04	192.14	0.012351	5.28	147.07	85.36	1.29
Rio Moche	15370.2*	777	188.75	190.53	190.86	191.96	0.012519	5.31	146.45	85.34	1.29
Rio Moche	15324.8*	777	188.57	190.34	190.67	191.79	0.012677	5.33	145.89	85.32	1.3
Rio Moche	15279.5*	777	188.39	190.16	190.5	191.61	0.012787	5.34	145.5	85.31	1.31
Rio Moche	15234.1*	777	188.21	189.98	190.32	191.44	0.012853	5.35	145.27	85.31	1.31
Rio Moche	15188.7*	777	188.03	189.8	190.14	191.26	0.012808	5.34	145.43	85.31	1.31
Rio Moche	15143.3*	777	187.85	189.62	189.96	191.08	0.012894	5.35	145.13	85.3	1.31
Rio Moche	15098	777	187.67	189.44	189.78	190.9	0.012848	5.35	145.3	85.31	1.31
Rio Moche	15051.1*	777	187.48	189.26	189.59	190.71	0.012817	5.34	145.4	85.31	1.31
Rio Moche	15004.2*	777	187.3	189.07	189.41	190.52	0.01277	5.34	145.56	85.31	1.3
Rio Moche	14957.3*	777	187.11	188.88	189.22	190.34	0.012849	5.35	145.28	85.3	1.31
Rio Moche	14910.4*	777	186.93	188.7	189.04	190.15	0.012788	5.34	145.49	85.3	1.31
Rio Moche	14863.5*	777	186.74	188.51	188.86	189.97	0.012872	5.35	145.2	85.29	1.31
Rio Moche	14816.6*	777	186.55	188.33	188.67	189.78	0.01282	5.34	145.38	85.29	1.31
Rio Moche	14769.7*	777	186.37	188.14	188.48	189.6	0.012773	5.34	145.54	85.29	1.31
Rio Moche	14722.8*	777	186.18	187.96	188.3	189.41	0.012853	5.35	145.26	85.28	1.31
Rio Moche	14675.9*	777	186	187.77	188.11	189.23	0.012794	5.34	145.47	85.28	1.31
Rio Moche	14629	777	185.81	187.58	187.93	189.04	0.012878	5.35	145.18	85.27	1.31

Rio Moche	14580.6*	777	185.62	187.39	187.74	188.85	0.012835	5.35	145.34	85.28	1.31
Rio Moche	14532.2*	777	185.43	187.2	187.54	188.66	0.012799	5.34	145.46	85.29	1.31
Rio Moche	14483.9*	777	185.23	187.01	187.35	188.47	0.012883	5.35	145.17	85.29	1.31
Rio Moche	14435.5*	777	185.04	186.82	187.16	188.28	0.012831	5.35	145.36	85.31	1.31
Rio Moche	14387.2*	777	184.85	186.63	186.96	188.09	0.012791	5.34	145.5	85.32	1.31
Rio Moche	14338.8*	777	184.66	186.44	186.78	187.9	0.012877	5.35	145.21	85.32	1.31
Rio Moche	14290.5*	777	184.47	186.25	186.59	187.7	0.012818	5.34	145.41	85.33	1.31
Rio Moche	14242.1*	777	184.27	186.06	186.4	187.51	0.012778	5.34	145.56	85.35	1.31
Rio Moche	14193.7*	777	184.08	185.86	186.2	187.32	0.012863	5.35	145.27	85.34	1.31
Rio Moche	14145.4*	777	183.89	185.67	186.02	187.13	0.01281	5.34	145.46	85.36	1.31
Rio Moche	14097.0*	777	183.7	185.48	185.82	186.94	0.012896	5.35	145.16	85.36	1.31
Rio Moche	14048.7*	777	183.5	185.29	185.63	186.75	0.012859	5.35	145.3	85.37	1.31
Rio Moche	14000.3*	777	183.31	185.1	185.44	186.56	0.012826	5.34	145.42	85.38	1.31
Rio Moche	13952	777	183.12	184.91	185.25	186.36	0.012782	5.34	145.58	85.4	1.31
Rio Moche	13904.2*	777	182.93	184.72	185.06	186.18	0.012867	5.35	145.29	85.39	1.31
Rio Moche	13856.4*	777	182.74	184.53	184.87	185.99	0.012813	5.34	145.48	85.4	1.31
Rio Moche	13808.6*	777	182.55	184.34	184.68	185.8	0.012903	5.35	145.17	85.39	1.31
Rio Moche	13760.8*	777	182.36	184.15	184.49	185.61	0.012861	5.35	145.31	85.4	1.31
Rio Moche	13713.0*	777	182.17	183.96	184.3	185.42	0.012825	5.34	145.44	85.41	1.31
Rio Moche	13665.2*	777	181.98	183.78	184.12	185.23	0.012778	5.34	145.61	85.41	1.31
Rio Moche	13617.4*	777	181.79	183.58	183.93	185.04	0.012863	5.35	145.32	85.41	1.31
Rio Moche	13569.6*	777	181.61	183.4	183.74	184.85	0.012811	5.34	145.5	85.42	1.31
Rio Moche	13521.8*	777	181.42	183.2	183.55	184.66	0.0129	5.35	145.19	85.41	1.31
Rio Moche	13474.0*	777	181.23	183.02	183.36	184.47	0.012857	5.35	145.34	85.42	1.31
Rio Moche	13426.2*	777	181.04	182.83	183.17	184.28	0.012822	5.34	145.47	85.42	1.31

Rio Moche	13378.4*	777	180.85	182.64	182.98	184.1	0.012911	5.35	145.16	85.42	1.31
Rio Moche	13330.6*	777	180.66	182.45	182.79	183.91	0.012872	5.35	145.3	85.42	1.31
Rio Moche	13282.8*	777	180.47	182.26	182.6	183.72	0.012846	5.34	145.4	85.43	1.31
Rio Moche	13235	777	180.28	182.07	182.41	183.53	0.012805	5.34	145.55	85.44	1.31
Rio Moche	13186.5*	777	180.09	181.88	182.22	183.34	0.012896	5.35	145.26	85.47	1.31
Rio Moche	13138.1*	777	179.89	181.69	182.03	183.14	0.012839	5.34	145.49	85.53	1.31
Rio Moche	13089.7*	777	179.7	181.49	181.84	182.95	0.012933	5.35	145.2	85.56	1.31
Rio Moche	13041.3*	777	179.5	181.3	181.65	182.76	0.012899	5.35	145.34	85.62	1.31
Rio Moche	12992.9*	777	179.31	181.11	181.45	182.57	0.012863	5.34	145.5	85.67	1.31
Rio Moche	12944.5*	777	179.12	180.92	181.26	182.37	0.012828	5.33	145.66	85.72	1.31
Rio Moche	12896.0*	777	178.92	180.73	181.07	182.18	0.012924	5.35	145.35	85.75	1.31
Rio Moche	12847.6*	777	178.73	180.54	180.88	181.99	0.012877	5.34	145.55	85.81	1.31
Rio Moche	12799.2*	777	178.53	180.35	180.68	181.8	0.012846	5.33	145.69	85.86	1.31
Rio Moche	12750.8*	777	178.34	180.15	180.49	181.61	0.012943	5.34	145.39	85.89	1.31
Rio Moche	12702.4*	777	178.14	179.96	180.3	181.41	0.012902	5.34	145.56	85.94	1.31
Rio Moche	12654	777	177.95	179.77	180.11	181.22	0.012879	5.33	145.67	85.99	1.31
Rio Moche	12605.4*	777	177.76	179.58	179.92	181.03	0.012826	5.33	145.83	85.97	1.31
Rio Moche	12556.8*	777	177.57	179.39	179.73	180.83	0.012779	5.32	145.97	85.94	1.3
Rio Moche	12508.3*	777	177.38	179.2	179.54	180.64	0.012726	5.32	146.14	85.91	1.3
Rio Moche	12459.7*	777	177.19	179.01	179.34	180.45	0.012809	5.33	145.82	85.86	1.31
Rio Moche	12411.1*	777	177	178.82	179.15	180.26	0.01275	5.32	146	85.84	1.3
Rio Moche	12362.6*	777	176.81	178.62	178.96	180.07	0.012839	5.33	145.66	85.79	1.31
Rio Moche	12314.0*	777	176.62	178.43	178.77	179.88	0.012778	5.33	145.85	85.76	1.3
Rio Moche	12265.5*	777	176.44	178.24	178.58	179.69	0.012725	5.32	146.01	85.74	1.3
Rio Moche	12216.9*	777	176.25	178.05	178.39	179.5	0.012806	5.33	145.7	85.69	1.31

Rio Moche	12168.3*	777	176.06	177.86	178.2	179.31	0.012745	5.33	145.89	85.66	1.3
Rio Moche	12119.8*	777	175.87	177.66	178.01	179.12	0.012831	5.34	145.57	85.62	1.31
Rio Moche	12071.2*	777	175.68	177.48	177.82	178.92	0.012767	5.33	145.77	85.59	1.3
Rio Moche	12022.6*	777	175.49	177.29	177.62	178.73	0.012714	5.32	145.93	85.56	1.3
Rio Moche	11974.1*	777	175.3	177.09	177.43	178.54	0.012797	5.34	145.62	85.52	1.31
Rio Moche	11925.5*	777	175.11	176.9	177.24	178.35	0.012865	5.35	145.35	85.47	1.31
Rio Moche	11877	777	174.92	176.71	177.05	178.16	0.012809	5.34	145.53	85.44	1.31
Rio Moche	11828.6*	777	174.73	176.51	176.86	177.97	0.012896	5.35	145.23	85.45	1.31
Rio Moche	11780.3*	777	174.53	176.32	176.65	177.78	0.01285	5.34	145.41	85.47	1.31
Rio Moche	11732.0*	777	174.34	176.13	176.47	177.59	0.012809	5.34	145.56	85.5	1.31
Rio Moche	11683.6*	777	174.15	175.94	176.28	177.4	0.012898	5.35	145.27	85.51	1.31
Rio Moche	11635.3*	777	173.96	175.75	176.09	177.21	0.012848	5.34	145.45	85.53	1.31
Rio Moche	11587.0*	777	173.76	175.56	175.9	177.01	0.012808	5.34	145.6	85.56	1.31
Rio Moche	11538.6*	777	173.57	175.37	175.71	176.82	0.012897	5.35	145.3	85.57	1.31
Rio Moche	11490.3*	777	173.38	175.18	175.51	176.63	0.01285	5.34	145.48	85.59	1.31
Rio Moche	11442.0*	777	173.19	174.99	175.33	176.44	0.012811	5.34	145.63	85.61	1.31
Rio Moche	11393.6*	777	172.99	174.79	175.14	176.25	0.012899	5.35	145.33	85.62	1.31
Rio Moche	11345.3*	777	172.8	174.6	174.94	176.06	0.01285	5.34	145.52	85.65	1.31
Rio Moche	11297.0*	777	172.61	174.41	174.75	175.86	0.01281	5.33	145.67	85.67	1.31
Rio Moche	11248.6*	777	172.42	174.22	174.56	175.68	0.012902	5.35	145.36	85.68	1.31
Rio Moche	11200.3*	777	172.22	174.03	174.37	175.48	0.012856	5.34	145.54	85.7	1.31
Rio Moche	11152	777	172.03	173.84	174.18	175.29	0.012818	5.33	145.68	85.73	1.31
Rio Moche	11103.8*	777	171.84	173.65	173.99	175.1	0.01277	5.33	145.84	85.71	1.3
Rio Moche	11055.7*	777	171.65	173.46	173.8	174.91	0.012719	5.32	146	85.69	1.3
Rio Moche	11007.6*	777	171.47	173.27	173.61	174.72	0.01284	5.34	145.56	85.65	1.31

Rio Moche	10959.5*	777	171.28	173.08	173.42	174.53	0.012773	5.33	145.77	85.64	1.3
Rio Moche	10911.3*	777	171.09	172.89	173.23	174.34	0.01286	5.34	145.45	85.6	1.31
Rio Moche	10863.2*	777	170.9	172.7	173.04	174.15	0.012817	5.34	145.59	85.59	1.31
Rio Moche	10815.1*	777	170.71	172.51	172.85	173.96	0.012765	5.33	145.75	85.57	1.3
Rio Moche	10767.0*	777	170.52	172.32	172.66	173.77	0.012853	5.34	145.43	85.54	1.31
Rio Moche	10718.8*	777	170.34	172.13	172.47	173.58	0.012797	5.34	145.61	85.52	1.31
Rio Moche	10670.7*	777	170.15	171.94	172.28	173.39	0.012752	5.33	145.75	85.5	1.3
Rio Moche	10622.6*	777	169.96	171.75	172.09	173.2	0.012831	5.34	145.46	85.47	1.31
Rio Moche	10574.5*	777	169.77	171.56	171.9	173.01	0.012779	5.34	145.63	85.45	1.31
Rio Moche	10526.3*	777	169.58	171.37	171.71	172.82	0.012857	5.35	145.34	85.42	1.31
Rio Moche	10478.2*	777	169.4	171.18	171.52	172.63	0.012815	5.34	145.47	85.4	1.31
Rio Moche	10430.1*	777	169.21	170.99	171.33	172.44	0.012764	5.34	145.63	85.38	1.3
Rio Moche	10382	777	169.02	170.8	171.13	172.25	0.012716	5.33	145.79	85.37	1.3
Rio Moche	10334.7*	777	168.83	170.61	170.96	172.07	0.012794	5.34	145.52	85.36	1.31
Rio Moche	10287.4*	777	168.64	170.42	170.76	171.88	0.012862	5.35	145.28	85.36	1.31
Rio Moche	10240.2*	777	168.46	170.24	170.58	171.69	0.012819	5.34	145.44	85.37	1.31
Rio Moche	10192.9*	777	168.27	170.05	170.39	171.51	0.012777	5.34	145.59	85.38	1.31
Rio Moche	10145.6*	777	168.08	169.86	170.21	171.32	0.012858	5.35	145.31	85.38	1.31
Rio Moche	10098.4*	777	167.9	169.68	170.02	171.13	0.012808	5.34	145.49	85.39	1.31
Rio Moche	10051.1*	777	167.71	169.49	169.83	170.95	0.012763	5.33	145.65	85.4	1.3
Rio Moche	10003.8*	777	167.52	169.3	169.65	170.76	0.012845	5.35	145.37	85.39	1.31
Rio Moche	9956.60*	777	167.33	169.12	169.46	170.57	0.01279	5.34	145.56	85.41	1.31
Rio Moche	9909.33*	777	167.15	168.93	169.27	170.39	0.012879	5.35	145.26	85.4	1.31
Rio Moche	9862.07*	777	166.96	168.75	169.09	170.2	0.012824	5.34	145.46	85.41	1.31
Rio Moche	9814.80*	777	166.77	168.56	168.9	170.01	0.012786	5.34	145.6	85.42	1.31

Rio Moche	9767.53*	777	166.59	168.37	168.71	169.83	0.012875	5.35	145.29	85.42	1.31
Rio Moche	9720.27*	777	166.4	168.19	168.52	169.64	0.012815	5.34	145.51	85.43	1.31
Rio Moche	9673	777	166.21	168	168.34	169.45	0.012775	5.33	145.65	85.44	1.3
Rio Moche	9627.13*	777	166.03	167.82	168.16	169.27	0.012736	5.33	145.78	85.44	1.3
Rio Moche	9581.25*	777	165.85	167.64	167.98	169.09	0.012823	5.34	145.46	85.42	1.31
Rio Moche	9535.38*	777	165.67	167.45	167.79	168.91	0.012895	5.35	145.19	85.4	1.31
Rio Moche	9489.50*	777	165.49	167.27	167.62	168.73	0.012873	5.35	145.26	85.39	1.31
Rio Moche	9443.63*	777	165.3	167.09	167.43	168.55	0.012855	5.35	145.32	85.39	1.31
Rio Moche	9397.75*	777	165.12	166.91	167.25	168.37	0.012818	5.34	145.44	85.38	1.31
Rio Moche	9351.88*	777	164.94	166.73	167.07	168.18	0.012771	5.34	145.61	85.38	1.3
Rio Moche	9306	777	164.76	166.55	166.89	168.01	0.01286	5.35	145.3	85.36	1.31
Rio Moche	9257.00*	777	164.57	166.36	166.7	167.81	0.012764	5.34	145.61	85.36	1.3
Rio Moche	9208.00*	777	164.38	166.16	166.5	167.62	0.012826	5.34	145.38	85.34	1.31
Rio Moche	9159.00*	777	164.19	166.87	166.3	167.49	0.003199	3.47	223.82	88.06	0.7
Rio Moche	9110.00*	777	164	166.9	166.11	167.42	0.00246	3.2	243	88.69	0.62
Rio Moche	9061.00*	777	163.81	166.91	165.92	167.36	0.001939	2.97	261.86	89.32	0.55
Rio Moche	9012	777	163.62	166.93	165.73	167.32	0.001559	2.77	280.47	89.92	0.5
Rio Moche	8969.17*	777	163.45	166.71	166.02	167.28	0.002793	3.33	233.63	89	0.66
Rio Moche	8926.33*	777	163.28	166.36	166.19	167.2	0.005364	4.05	192.06	89.31	0.88
Rio Moche	8883.50*	777	163.1	166.12	166.12	167.1	0.007056	4.4	176.65	89.08	1
Rio Moche	8840.67*	777	162.93	165.51	165.85	166.94	0.012493	5.3	146.5	85.78	1.3
Rio Moche	8797.83*	777	162.76	164.77	165.34	166.7	0.018861	6.15	126.41	80.69	1.57
Rio Moche	8755	777	162.59	165.66	164.71	166.12	0.002043	3.02	257.63	89.19	0.57
Rio Moche	8706.67*	777	162.4	165.5	164.82	166.07	0.002832	3.35	231.63	87.91	0.66
Rio Moche	8658.33*	777	162.21	165.31	164.9	166.01	0.00401	3.72	208.92	88.47	0.77

Rio Moche	8610.00*	777	162.01	164.92	164.92	165.91	0.007062	4.41	176.31	88.74	1
Rio Moche	8561.67*	777	161.82	164.78	164.81	165.8	0.007369	4.46	174.23	88.94	1.02
Rio Moche	8513.33*	777	161.63	164.39	164.62	165.65	0.010402	4.96	156.61	88.35	1.19
Rio Moche	8465.00*	777	161.44	163.97	164.34	165.46	0.013165	5.39	144.19	85.76	1.33
Rio Moche	8416.67*	777	161.24	163.45	163.95	165.21	0.016508	5.88	132.24	81.77	1.48
Rio Moche	8368.33*	777	161.05	162.88	163.49	164.91	0.020858	6.3	123.24	81.64	1.64
Rio Moche	8320	777	160.86	162.32	162.98	164.55	0.025685	6.62	117.44	84.43	1.79
Rio Moche	8274.60*	777	160.67	162.26	162.81	164.14	0.019328	6.06	128.24	84.92	1.57
Rio Moche	8229.20*	777	160.49	162.18	162.63	163.83	0.015831	5.69	136.44	85.32	1.44
Rio Moche	8183.80*	777	160.3	162.06	162.45	163.59	0.01402	5.48	141.72	85.62	1.36
Rio Moche	8138.40*	777	160.12	161.9	162.26	163.39	0.013347	5.4	143.96	85.81	1.33
Rio Moche	8093	777	159.93	161.72	162.08	163.2	0.013309	5.39	144.16	85.93	1.33
Rio Moche	8052.40*	777	159.77	161.58	161.92	163.04	0.013017	5.35	145.14	85.95	1.32
Rio Moche	8011.80*	777	159.61	161.42	161.76	162.88	0.012985	5.35	145.23	85.93	1.31
Rio Moche	7971.20*	777	159.46	162.1	161.61	162.74	0.003497	3.56	218.24	88.44	0.72
Rio Moche	7930.60*	777	159.3	162.12	161.45	162.68	0.002796	3.32	234.05	88.96	0.65
Rio Moche	7890	777	159.14	162.13	161.29	162.63	0.002276	3.11	249.62	89.47	0.6
Rio Moche	7842.50*	777	158.96	162.01	161.33	162.58	0.002838	3.35	231.67	88.03	0.66
Rio Moche	7795.00*	777	158.77	161.86	161.38	162.53	0.003595	3.61	214.99	87.45	0.74
Rio Moche	7747.50*	777	158.59	161.68	161.38	162.46	0.004611	3.89	199.76	87.91	0.82
Rio Moche	7700.00*	777	158.4	161.37	161.37	162.35	0.007053	4.39	176.95	89.51	1
Rio Moche	7652.50*	777	158.22	161.21	161.26	162.24	0.007743	4.51	172.23	89.76	1.04
Rio Moche	7605.00*	777	158.04	160.92	161.1	162.11	0.009578	4.82	161.28	89.42	1.15
Rio Moche	7557.50*	777	157.85	160.61	160.88	161.94	0.011499	5.1	152.31	88.92	1.24
Rio Moche	7510.00*	777	157.67	160.22	160.61	161.74	0.013245	5.46	142.27	83.31	1.33

Rio Moche	7462.50*	777	157.48	159.77	160.26	161.51	0.015932	5.84	133.01	80.8	1.45
Rio Moche	7415.00*	777	157.3	159.3	159.87	161.24	0.018885	6.16	126.21	80.44	1.57
Rio Moche	7367.50*	777	157.11	158.84	159.46	160.93	0.021998	6.4	121.38	81.74	1.68
Rio Moche	7320	777	156.93	159.97	159.04	160.44	0.00206	3.02	256.92	89.14	0.57
Rio Moche	7275.00*	777	156.76	159.85	159.11	160.4	0.002632	3.29	236.42	87.47	0.64
Rio Moche	7230.00*	777	156.58	159.7	159.17	160.35	0.003433	3.58	217.33	86.75	0.72
Rio Moche	7185.00*	777	156.41	159.51	159.2	160.28	0.004553	3.89	199.87	87.17	0.82
Rio Moche	7140.00*	777	156.24	159.2	159.2	160.18	0.007087	4.4	176.6	89.36	1
Rio Moche	7095.00*	777	156.07	159.01	159.08	160.08	0.008045	4.57	169.97	89.36	1.06
Rio Moche	7050.00*	777	155.89	158.71	158.92	159.93	0.010021	4.89	158.82	88.99	1.17
Rio Moche	7005.00*	777	155.72	158.37	158.69	159.76	0.012345	5.23	148.7	88.32	1.29
Rio Moche	6960.00*	777	155.55	157.95	158.39	159.56	0.014555	5.61	138.44	83.48	1.39
Rio Moche	6915.00*	777	155.37	157.48	158.01	159.32	0.017661	6	129.58	81.73	1.52
Rio Moche	6870.00*	777	155.2	157	157.6	159.03	0.021208	6.31	123.07	82.34	1.65
Rio Moche	6825	777	155.03	156.52	157.18	158.7	0.024883	6.54	118.77	84.77	1.76
Rio Moche	6779.29*	777	154.86	156.49	157.01	158.29	0.018149	5.94	130.88	85.21	1.53
Rio Moche	6733.57*	777	154.69	156.45	156.84	157.99	0.014116	5.49	141.42	85.58	1.36
Rio Moche	6687.86*	777	154.53	156.36	156.67	157.76	0.0122	5.25	147.93	85.81	1.28
Rio Moche	6642.14*	777	154.36	156.21	156.5	157.59	0.011825	5.2	149.37	85.87	1.26
Rio Moche	6596.43*	777	154.19	156.04	156.33	157.42	0.011863	5.21	149.22	85.87	1.26
Rio Moche	6550.71*	777	154.02	155.87	156.17	157.25	0.01195	5.22	148.89	85.86	1.27
Rio Moche	6505.00*	777	153.86	155.7	156	157.08	0.011907	5.21	149.06	85.87	1.26
Rio Moche	6459.29*	777	153.69	155.53	155.83	156.92	0.011867	5.21	149.21	85.88	1.26
Rio Moche	6413.57*	777	153.52	155.36	155.66	156.75	0.011955	5.22	148.87	85.87	1.27
Rio Moche	6367.86*	777	153.35	155.19	155.49	156.58	0.011913	5.21	149.04	85.88	1.26

Rio Moche	6322.14*	777	153.18	155.03	155.33	156.41	0.011899	5.21	149.1	85.89	1.26
Rio Moche	6276.43*	777	153.02	154.86	155.16	156.24	0.011855	5.21	149.27	85.9	1.26
Rio Moche	6230.71*	777	152.85	154.69	154.99	156.08	0.011945	5.22	148.92	85.9	1.27
Rio Moche	6185	777	152.68	154.52	154.82	155.91	0.0119	5.21	149.1	85.91	1.26
Rio Moche	6139.90*	777	152.51	154.36	154.66	155.74	0.011863	5.21	149.25	85.92	1.26
Rio Moche	6094.80*	777	152.35	154.19	154.49	155.58	0.011949	5.22	148.92	85.91	1.27
Rio Moche	6049.70*	777	152.18	154.03	154.33	155.41	0.011912	5.21	149.06	85.92	1.26
Rio Moche	6004.60*	777	152.02	153.86	154.16	155.25	0.011877	5.21	149.21	85.93	1.26
Rio Moche	5959.50*	777	151.85	153.7	153.99	155.08	0.011837	5.2	149.37	85.94	1.26
Rio Moche	5914.40*	777	151.68	153.53	153.83	154.92	0.011932	5.21	149.01	85.94	1.26
Rio Moche	5869.30*	777	151.52	153.37	153.67	154.75	0.011881	5.21	149.21	85.95	1.26
Rio Moche	5824.20*	777	151.35	153.2	153.5	154.58	0.011845	5.2	149.35	85.96	1.26
Rio Moche	5779.10*	777	151.19	153.03	153.33	154.42	0.011939	5.21	149	85.95	1.26
Rio Moche	5734	777	151.02	152.87	153.16	154.25	0.011885	5.21	149.21	85.97	1.26
Rio Moche	5685.73*	777	150.84	152.69	152.99	154.07	0.011859	5.2	149.32	85.98	1.26
Rio Moche	5637.46*	777	150.67	152.51	152.81	153.9	0.01192	5.21	149.08	85.98	1.26
Rio Moche	5589.18*	777	150.49	152.34	152.63	153.72	0.011894	5.21	149.19	86	1.26
Rio Moche	5540.91*	777	150.31	152.16	152.46	153.54	0.011856	5.2	149.34	86.01	1.26
Rio Moche	5492.64*	777	150.14	151.99	152.29	153.37	0.011815	5.2	149.51	86.03	1.26
Rio Moche	5444.36*	777	149.96	151.81	152.11	153.19	0.011905	5.21	149.16	86.03	1.26
Rio Moche	5396.09*	777	149.79	151.63	151.93	153.01	0.01185	5.2	149.38	86.05	1.26
Rio Moche	5347.82*	777	149.61	151.46	151.76	152.84	0.011812	5.2	149.54	86.06	1.26
Rio Moche	5299.55*	777	149.43	151.28	151.58	152.66	0.011898	5.21	149.21	86.06	1.26
Rio Moche	5251.27*	777	149.26	151.1	151.4	152.49	0.011957	5.22	148.99	86.06	1.27
Rio Moche	5203	777	149.08	150.92	151.22	152.31	0.011941	5.21	149.05	86.08	1.26

Rio Moche	5154.00*	777	148.9	150.75	151.05	152.13	0.011895	5.21	149.23	86.08	1.26
Rio Moche	5105.00*	777	148.72	150.56	150.87	151.95	0.011991	5.22	148.86	86.07	1.27
Rio Moche	5056.00*	777	148.54	150.38	150.68	151.77	0.011951	5.21	149.01	86.07	1.27
Rio Moche	5007.00*	777	148.35	150.2	150.5	151.59	0.012011	5.22	148.78	86.06	1.27
Rio Moche	4958.00*	777	148.17	150.02	150.32	151.41	0.011977	5.22	148.91	86.06	1.27
Rio Moche	4909.00*	777	147.99	149.84	150.14	151.23	0.011948	5.21	149.02	86.07	1.27
Rio Moche	4860	777	147.81	149.66	149.96	151.05	0.011905	5.21	149.19	86.07	1.26
Rio Moche	4816.14*	777	147.66	149.51	149.8	150.89	0.01179	5.19	149.58	86	1.26
Rio Moche	4772.29*	777	147.5	149.35	149.64	150.72	0.011693	5.18	149.9	85.93	1.25
Rio Moche	4728.43*	777	147.35	149.19	149.48	150.57	0.011752	5.19	149.61	85.83	1.26
Rio Moche	4684.57*	777	147.19	149.04	149.33	150.41	0.011644	5.18	149.98	85.76	1.25
Rio Moche	4640.71*	777	147.04	148.88	149.16	150.25	0.01172	5.19	149.62	85.67	1.25
Rio Moche	4596.86*	777	146.88	148.71	149.01	150.09	0.011781	5.2	149.32	85.57	1.26
Rio Moche	4553	777	146.73	148.56	148.85	149.93	0.011672	5.19	149.7	85.5	1.25
Rio Moche	4507.64*	777	146.56	148.38	148.68	149.77	0.01189	5.21	149	85.71	1.26
Rio Moche	4462.27*	777	146.39	148.21	148.51	149.6	0.012026	5.23	148.63	85.92	1.27
Rio Moche	4416.91*	777	146.22	148.05	148.35	149.43	0.012011	5.22	148.84	86.16	1.27
Rio Moche	4371.55*	777	146.04	147.88	148.18	149.27	0.012012	5.21	149	86.39	1.27
Rio Moche	4326.18*	777	145.87	147.71	148.02	149.1	0.012001	5.21	149.2	86.62	1.27
Rio Moche	4280.82*	777	145.7	147.55	147.84	148.93	0.012001	5.2	149.35	86.86	1.27
Rio Moche	4235.46*	777	145.53	147.38	147.68	148.76	0.011988	5.2	149.56	87.09	1.27
Rio Moche	4190.09*	777	145.35	147.22	147.51	148.59	0.011983	5.19	149.74	87.32	1.27
Rio Moche	4144.73*	777	145.18	147.05	147.35	148.42	0.011974	5.18	149.93	87.56	1.26
Rio Moche	4099.36*	777	145.01	146.88	147.18	148.25	0.011967	5.18	150.11	87.79	1.26
Rio Moche	4054	777	144.84	146.71	147.01	148.08	0.012071	5.18	149.86	88.01	1.27

Rio Moche	4012.20*	777	144.7	146.62	146.87	147.92	0.010958	5.04	154.22	87.89	1.21
Rio Moche	3970.40*	777	144.56	146.47	146.73	147.78	0.011032	5.05	153.72	87.6	1.22
Rio Moche	3928.60*	777	144.42	146.33	146.58	147.63	0.010946	5.05	153.9	87.34	1.21
Rio Moche	3886.80*	777	144.28	146.19	146.44	147.49	0.010867	5.04	154.06	87.07	1.21
Rio Moche	3845	777	144.14	146.05	146.3	147.35	0.010954	5.06	153.51	86.78	1.22
Rio Moche	3805.40*	777	144	145.9	146.16	147.22	0.011076	5.08	152.93	86.7	1.22
Rio Moche	3765.80*	777	143.87	145.77	146.03	147.08	0.011005	5.07	153.18	86.66	1.22
Rio Moche	3726.20*	777	143.73	145.63	145.89	146.95	0.011111	5.09	152.68	86.58	1.22
Rio Moche	3686.60*	777	143.6	145.49	145.75	146.81	0.01104	5.08	152.94	86.53	1.22
Rio Moche	3647	777	143.46	145.35	145.62	146.68	0.011138	5.1	152.49	86.46	1.23
Rio Moche	3598.00*	777	143.29	145.17	145.44	146.51	0.011283	5.12	151.86	86.42	1.23
Rio Moche	3549.00*	777	143.12	145	145.27	146.34	0.011383	5.13	151.43	86.38	1.24
Rio Moche	3500.00*	777	142.95	144.82	145.1	146.17	0.011466	5.14	151.09	86.35	1.24
Rio Moche	3451	777	142.78	144.65	144.93	146	0.01142	5.14	151.27	86.33	1.24
Rio Moche	3403.80*	777	142.62	144.49	144.76	145.83	0.011389	5.13	151.31	86.23	1.24
Rio Moche	3356.60*	777	142.46	144.33	144.6	145.67	0.011357	5.13	151.37	86.12	1.24
Rio Moche	3309.40*	777	142.29	144.16	144.43	145.51	0.011332	5.13	151.4	86.02	1.24
Rio Moche	3262.20*	777	142.13	144	144.27	145.34	0.011299	5.13	151.47	85.92	1.23
Rio Moche	3215	777	141.97	143.84	144.11	145.18	0.011263	5.13	151.55	85.81	1.23
Rio Moche	3172.67*	777	141.83	143.7	143.96	145.03	0.011193	5.12	151.8	85.79	1.23
Rio Moche	3130.33*	777	141.68	143.55	143.82	144.89	0.011143	5.11	151.97	85.77	1.23
Rio Moche	3088.00*	777	141.54	143.4	143.67	144.74	0.01124	5.13	151.53	85.72	1.23
Rio Moche	3045.67*	777	141.4	143.96	143.52	144.64	0.003776	3.65	212.61	87.79	0.75
Rio Moche	3003.33*	777	141.25	143.97	143.38	144.57	0.003073	3.43	226.73	88.23	0.68
Rio Moche	2961	777	141.11	143.98	143.23	144.51	0.002539	3.23	240.68	88.66	0.63

Rio Moche	2912.40*	777	140.94	143.74	143.36	144.45	0.004052	3.72	208.77	88.53	0.77
Rio Moche	2863.80*	777	140.78	143.34	143.34	144.34	0.007102	4.42	175.62	87.89	1
Rio Moche	2815.20*	777	140.61	142.97	143.15	144.2	0.009352	4.92	158.04	83.16	1.14
Rio Moche	2766.60*	777	140.45	142.34	142.77	143.99	0.01413	5.68	136.69	78.87	1.38
Rio Moche	2718	777	140.28	143.2	142.38	143.71	0.002348	3.15	246.56	88.77	0.6
Rio Moche	2673.80*	777	140.12	143.02	142.46	143.66	0.003307	3.54	219.8	86.7	0.71
Rio Moche	2629.60*	777	139.96	142.92	142.51	143.61	0.003895	3.68	211.39	88.95	0.76
Rio Moche	2585.40*	777	139.79	142.93	142.35	143.53	0.003124	3.43	226.69	89.5	0.69
Rio Moche	2541.20*	777	139.63	143	142.05	143.45	0.002034	3	259	90.19	0.57
Rio Moche	2497	777	139.47	143.06	141.6	143.4	0.001208	2.55	304.21	90.88	0.45
Rio Moche	2456.60*	777	139.33	142.82	142.05	143.35	0.002556	3.23	240.9	89.96	0.63
Rio Moche	2416.20*	777	139.2	142.27	142.27	143.26	0.007101	4.4	176.74	89.69	1
Rio Moche	2375.80*	777	139.06	141.97	142.14	143.14	0.009339	4.79	162.33	89.13	1.13
Rio Moche	2335.40*	777	138.93	141.11	141.63	142.93	0.017083	5.97	130.06	80.46	1.5
Rio Moche	2295	777	138.79	142.2	140.91	142.57	0.001417	2.69	289.04	90.19	0.48
Rio Moche	2249.00*	777	138.63	142	141.21	142.53	0.002535	3.24	240.03	88.5	0.63
Rio Moche	2203.00*	777	138.46	141.67	141.43	142.46	0.004877	3.92	198.2	89.97	0.84
Rio Moche	2157.00*	777	138.3	141.37	141.37	142.36	0.007079	4.39	176.84	89.59	1
Rio Moche	2111.00*	777	138.14	140.78	141.11	142.19	0.012151	5.26	147.76	85.84	1.28
Rio Moche	2065.00*	777	137.97	140.02	140.58	141.93	0.018634	6.11	127.1	81.05	1.56
Rio Moche	2019	777	137.81	141.1	139.94	141.5	0.001615	2.8	277.49	89.91	0.51
Rio Moche	1977.50*	777	137.66	140.9	140.19	141.46	0.002756	3.32	234.08	88.54	0.65
Rio Moche	1936.00*	777	137.51	140.6	140.36	141.39	0.00494	3.94	197.06	89.57	0.85
Rio Moche	1894.50*	777	137.37	140.31	140.31	141.29	0.00708	4.4	176.49	89.2	1
Rio Moche	1853.00*	777	137.22	139.76	140.07	141.14	0.011705	5.2	149.43	85.85	1.26

Rio Moche	1811.50*	777	137.07	139.09	139.61	140.92	0.017568	5.98	129.95	81.96	1.52
Rio Moche	1770	777	136.92	138.39	139.06	140.61	0.025496	6.59	117.85	84.66	1.78
Rio Moche	1721.40*	777	136.74	138.38	138.89	140.17	0.018042	5.93	131.09	85.19	1.53
Rio Moche	1672.80*	777	136.57	138.34	138.72	139.85	0.013769	5.45	142.51	85.64	1.35
Rio Moche	1624.20*	777	136.39	138.24	138.54	139.63	0.011909	5.21	149.07	85.93	1.26
Rio Moche	1575.60*	777	136.22	138.07	138.36	139.45	0.011838	5.2	149.38	85.99	1.26
Rio Moche	1527	777	136.04	137.9	138.19	139.28	0.011794	5.19	149.59	86.05	1.26
Rio Moche	1478.80*	777	135.85	137.71	138.02	139.1	0.012201	5.23	148.55	86.77	1.28
Rio Moche	1430.60*	777	135.66	137.52	137.83	138.92	0.012406	5.24	148.3	87.53	1.29
Rio Moche	1382.40*	777	135.47	137.34	137.66	138.73	0.012492	5.23	148.5	88.3	1.29
Rio Moche	1334.20*	777	135.28	137.15	137.48	138.55	0.012641	5.23	148.47	89.07	1.29
Rio Moche	1286	777	135.09	136.98	137.3	138.37	0.012685	5.22	148.83	89.85	1.3
Rio Moche	1243.17*	777	134.95	136.92	137.15	138.17	0.010648	4.95	156.87	89.82	1.2
Rio Moche	1200.33*	777	134.81	136.78	137.01	138.04	0.010725	4.97	156.3	89.49	1.2
Rio Moche	1157.50*	777	134.68	136.64	136.86	137.89	0.010602	4.96	156.65	89.19	1.2
Rio Moche	1114.67*	777	134.54	136.49	136.72	137.75	0.010693	4.98	156.03	88.86	1.2
Rio Moche	1071.83*	777	134.4	136.34	136.58	137.61	0.010768	5	155.49	88.53	1.2
Rio Moche	1029	777	134.26	136.2	136.43	137.47	0.010636	4.98	155.89	88.24	1.2
Rio Moche	987.25*	777	134.13	136.07	136.3	137.33	0.01052	4.98	156.13	87.87	1.19
Rio Moche	945.50*	777	134	136.49	136.16	137.22	0.004355	3.79	204.92	89.2	0.8
Rio Moche	903.75*	777	133.86	136.49	136.02	137.15	0.003593	3.58	217.22	89.24	0.73
Rio Moche	862	777	133.73	136.5	135.89	137.08	0.003003	3.39	229.37	89.29	0.67
Rio Moche	821.00*	777	133.6	136.5	135.75	137.03	0.002518	3.21	242.06	89.43	0.62
Rio Moche	780.00*	777	133.48	136.51	135.61	136.99	0.002133	3.05	254.65	89.57	0.58
Rio Moche	739.00*	777	133.35	136.52	135.47	136.95	0.001824	2.91	267.15	89.7	0.54

Rio Moche	698	777	133.22	136.52	135.33	136.92	0.001573	2.78	279.57	89.83	0.5
Rio Moche	649.00*	777	133.04	136.27	135.65	136.86	0.003049	3.41	228.11	89.66	0.68
Rio Moche	600.00*	777	132.85	135.77	135.77	136.76	0.007071	4.4	176.41	88.99	1
Rio Moche	551.00*	777	132.67	135.4	135.59	136.61	0.009845	4.88	159.31	88.52	1.16
Rio Moche	502.00*	777	132.48	134.62	135.11	136.37	0.016307	5.86	132.52	81.42	1.47
Rio Moche	453	777	132.3	133.78	134.45	136.02	0.025956	6.62	117.36	84.94	1.8
Rio Moche	405.25*	777	132.13	133.77	134.28	135.57	0.018414	5.95	130.52	85.58	1.54
Rio Moche	357.50*	777	131.96	133.73	134.11	135.26	0.014021	5.47	142.07	86.16	1.36
Rio Moche	309.75*	777	131.79	133.65	133.95	135.03	0.012005	5.21	149.16	86.57	1.27
Rio Moche	262	777	131.62	133.49	133.78	134.85	0.01177	5.17	150.2	86.78	1.26
Rio Moche	216.00*	777	131.47	133.39	133.62	134.67	0.010666	5.03	154.61	86.62	1.2
Rio Moche	170.00*	777	131.32	133.22	133.46	134.52	0.01076	5.05	153.96	86.28	1.21
Rio Moche	124.00*	777	131.18	133.06	133.31	134.37	0.010815	5.06	153.48	85.95	1.21
Rio Moche	78	777	131.03	132.91	133.15	134.22	0.010849	5.07	153.11	85.62	1.21

4.5.1.2. Bidimensional Hec Ras con Dique de Protección

Modelamiento Bidimensional Sin Diques							
Datos generales				Condiciones iniciales		Simulación	
Eje	Caudal m ³ /s	Malla	Rugosidad Manning	# Entrada	# Salida	Tiempo(s)	Intervalos
Rio Moche	777	Diferenciada	Ver Anexos	1	1	3000	30

A. Calado con Dique de protección

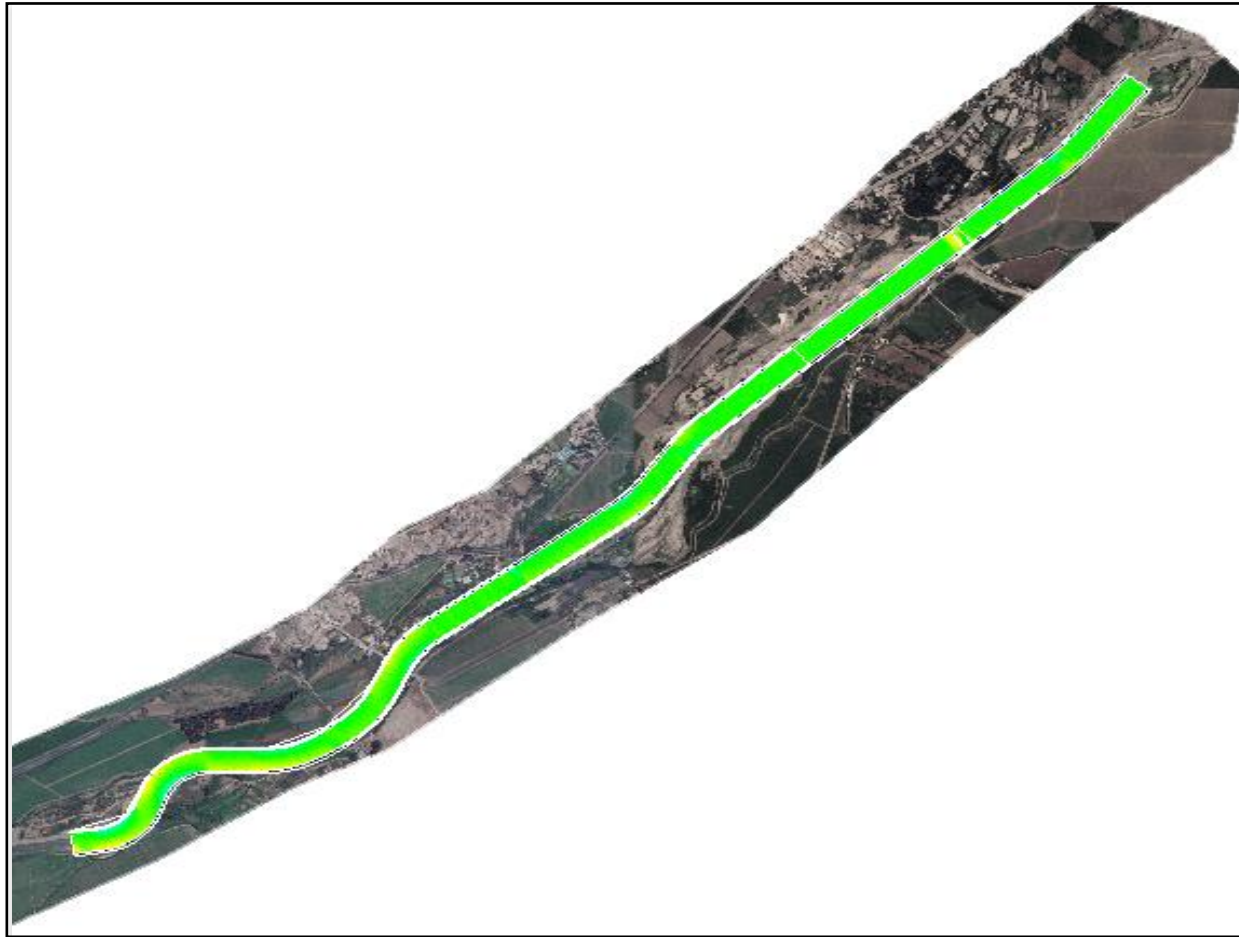


Figura 26 Calado con Dique de protección

B. Velocidad con Dique de Protección



Figura 27 Velocidad con Dique de Protección

C. Calado de Puente Existente (Quirihuac)

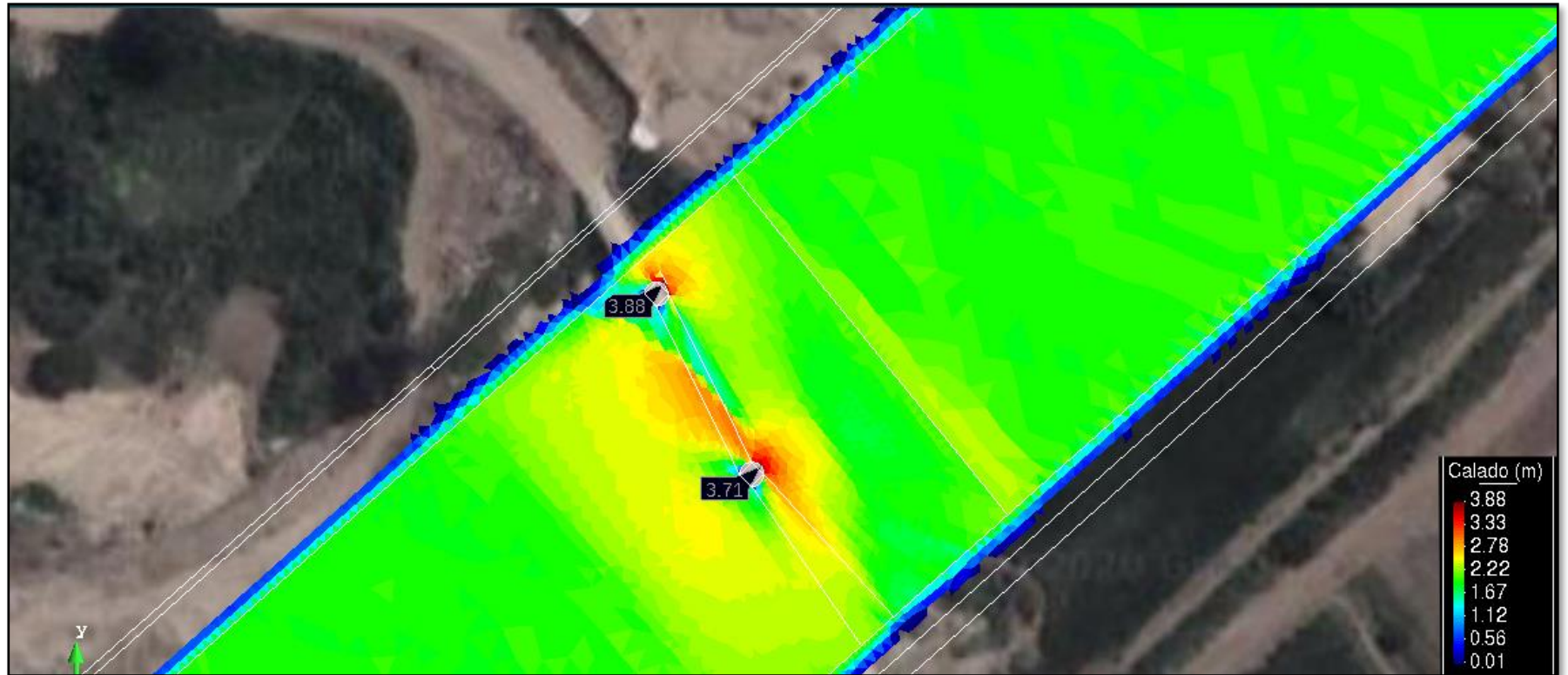


Figura 28 Calado de Puente Existente (Quirihuac)

D. Perfil de Calado

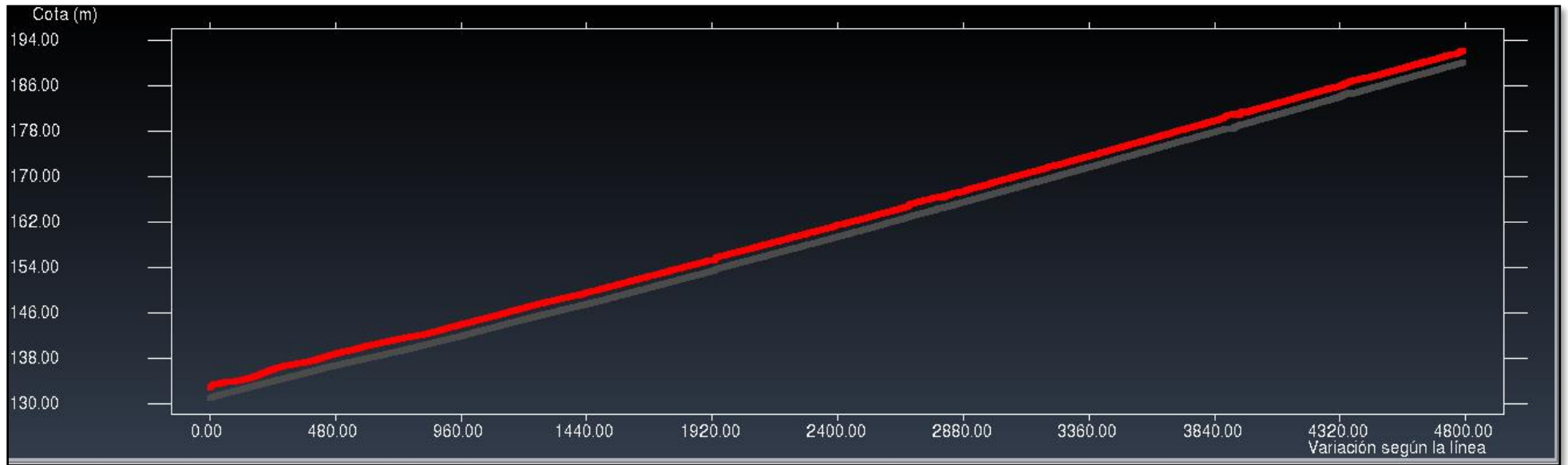


Figura 29 Perfil de Calado

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Esta investigación tuvo como principal propósito estudiar la zona y encontrar los problemas que había en dicho tramo de lo cual se obtuvo que: no existía un buen diseño de los diques, la mayoría del tramo de estudio no estaba encausado, de lo cual se hizo un estudio y a continuación se estarán discutiendo los principales hallazgos de este.

Para la Topografía se realizó un levantamiento con estación total y con ayuda del dron, luego del procesamiento de los puntos se obtención la pendiente de 12%.

Para la Hidrología, se obtuvo los caudales del Río desde el año 1950 hasta el 2019 , donde encontramos caudales mínimos de 20.80 m³/s hasta un caudal de 1000.00 m³/s y para hallar poder calcular un caudal de diseño 8 distribuciones de las cuales solo se ajustaban 5 (Log Normal 2p, Log Normal 3 p, Log Gamma 2 p, Log Pearson Tipo III, Log Gumbel) y se aplicó para un periodo de retorno 20, 50 ,100 y 200 años , del cual se eligió el periodo de 200 años , con este periodo y las 5 distribuciones se hizo un promedio y se obtuvo que el caudal de diseño es 777 m³/s.

Se realizó la modelación en el software HecRas e Iber, del cual obtuvimos que del modelo Unidimensional en el software HecRas con un caudal de 777 m³/s para un modelamiento sin dique, el calado máximo fue 5.47 m lo cual es un calado que sobrepasa la protección que tenía una parte del tramo; la velocidad en el mismo modelo fue de 8.78 m/s, la cual se considera una velocidad alta y erosionable. En el software Iber se hizo el modelamiento con el mismo caudal y nos dio como calado máximo 4.12 m y una velocidad máxima de 7.57 m/s

Por lo anterior, se hizo el diseño de diques de protección en ambos lados resultando: ancho de corona de 4 m, altura de dique de 4 m, profundidad de uña 4 m, diámetro de roca 2.03 m, la cual se diseñará a lo largo del tramo estudiado esperando obtener una sección estable y que no se inunde.

Luego de mejorada la sección con el diseño del dique, en el software HecRas el calado máximo fue de 3.06 m comparando con el modelo donde no tenía la protección y la sección estable el calado disminuyo 2.41 m, es una reducción muy considerable ya que se reduce en 44% del primer calado y donde la velocidad máxima para el modelo sin diques es de 8.78 m/s mientras que para el modelo con dique es de 6.62 m/s descendiendo 2.16 m/s. En el software Iber el calado máximo es de 3.88 m lo cual haciendo una comparación con el calado anterior se reduciría en 0.24 m.

Se llega a la conclusión de que la sección es estable y cumple con su objetivo de proteger ante una avenida extraordinaria de un caudal de 777 m³/s.

CONCLUSIONES

- Del estudio topográfico que se realizó en la zona de estudio a lo largo del tramo se registró una pendiente del 12 %.
- El caudal de máxima avenida fue el resultado del promedio de cinco (05) distribuciones estadísticas que tenían el mejor ajuste (Log-Normal 2 parámetros, Log-Normal 3 parámetros, Log-Gamma 2 parámetros, Log Pearson Tipo III y Log Gumbel) que fue de 777 m³/s para un periodo de retorno de 200 años.

Distribución	T=20 años	T=50 años	T=100 años	T=200 años
Log Normal 2p	290.7836	394.5173	484.0511	582.3720
Log Normal 3 p	339.22	500.9814	652.5025	829.8089
Log Gamma 2 p	283.5889	351.2635	402.8251	451.1641
Log Pearson Tipo III	341.7537	450.2707	580.8936	737.9798
Log Gumbel	342.8405	589.4899	884.8397	1326.20
Promedio	313.00	447.00	589.00	777.00

*Nota: Los resultados en rojo, fueron eliminados del promedio por tener un gran margen con los otros resultados

- Del modelo Unidimensional con un caudal de 777 m³/s para un modelamiento sin dique, el calado máximo fue 5.47m mientras que para un modelamiento con dique el calado máximo fue de 3.06m, disminuyendo su calado máximo en 2.41 m. y la velocidad máxima para el modelo sin diques es de 8.78 m/s mientras que para el modelo con dique es de 6.62 m/s descendiendo 2.16 m/s.
- Del modelo bidimensional para el modelo sin dique la velocidad máxima fue de 7.57 m/s y para un modelo con dique la velocidad máxima fue de 8.38 m/s.
- Para el diseño de los diques de enrocado se obtuvieron los siguientes resultados:
Ancho de corona de 4 m, altura de dique de 4 m, profundidad de uña 4 m, diámetro de roca 2.03 m.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que el uso de los modelos debe ser utilizado con responsabilidad porque estos podrían arrojar resultados equivocados, pues al nosotros obtener una información no precisa estaríamos trabajando con datos que varían de la realidad del problema y el modelamiento sería erróneo.
- Es recomendable que este trabajo de investigación sea entregado a la junta de usuarios de la zona en estudio, ya que esta investigación puede ser tomado como una alternativa de solución para futuras avenidas extraordinarias.
- Extender el estudio de esta tesis a un rediseño del puente fierro.
- Debido a las velocidades tan altas se recomienda hacer un estudio de erosión exhaustivo en los pilares y estribos del puente Quirihuac.

BIBLIOGRAFÍA

Agisoft. (2020). *Agisoft Photoscan*.

Autodesk. (2016). *Autodesk Knowledge network*.

Autoridad Nacional de Agua. (12 de Junio de 2014). *Fajas Marginales*. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._180-2016-ana_0.pdf

Conde Ricse, D. (1989). *METODO Y CALCULO TOPOGRAFICO*. LIMA: LUGO E.I.R.L.

Esri. (2016). *ArcGIS Resources*.

Farias, H. (2005). ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE CAUDAL DOMINANTE EN RIOS ALUVIALES. *RIOS 2005*.

fenecom.com. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil*. Madrid: Gráficas Arias Montano, S.A.

GeodronesMx. (2020). Como hacer topografía con drones (5 pasos). *Geodrones* .

HonoRio, R. (2019). *El Enrocado no tiene Uña de Protección contra el volteo*. Obtenido de [Fotografía]: Recuperado de celular

Indeci. (2016). *Inundación*.

MARTIN VIDE, J. (2003). *INGENIERÍA DE RIOS*. CIUDAD DE MEXICO: ALFAOMEGA.

Pachas L., R. (2009). *EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: USO DE GPS Y ESTACION TOTAL*. Trujillo: LaboratoRio de Topografía. Departamento de Ingeniería.

Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española*. Madrid.

ROCHA FELICES , A. (2013). *INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA DE LAS OBRAS VIALES*. LIMA: FONDO EDITORIAL ICG.

ROCHA, A. (2013). *INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA DE LAS OBRAS VIALES*. LIMA: FONDO EDITORIAL ICG.

Ruipérez Martín, P. (s.f.). *Diseño y Fabricación de un Dron*.

Santana Cruz, E. E. (2017). *Propuesta de sistema multi-UAV para aplicaciones de cobertura de área*. Barcelona.

Swanston, G. (2006). *TOPOGRAFIA MENSAJE GRÁFICO GEOESPACIAL*. Caracas.

Terán, R. (1998). *Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas*. Lima: Charles Sutton.

- Torres Nieto, Á., & Villate Bonilla, E. (2000). *TOPOGRAFÍA*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Vásquez, A. (2000). *Manejo de Cuencas Altoandinas*. Lima: Escuela Superior de Administración de Aguas "Charles Sutton".
- Vásquez, A. (2016). *MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS*. Lima: Fondo Editorial-UNALM.
- VIDE, J. P. (2003). *INGENIERÍA DE RIOS*. CIUDAD DE MEXICO: ALFAOMEGA.
- VILLÓN BÉJAR, M. (2012). *HIDROESTA 2 Calculos hidrológicos Manual de UsuaRio*. Cartago: Ediciones Centro de Desarrollo de Material Bibliografico (CDMB).
- Villon, M. (2007). *Hidrologia estadística*. San Jose: TECNOLOGICA DE COSTA RICA.

ANEXOS

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) ORIGINAL

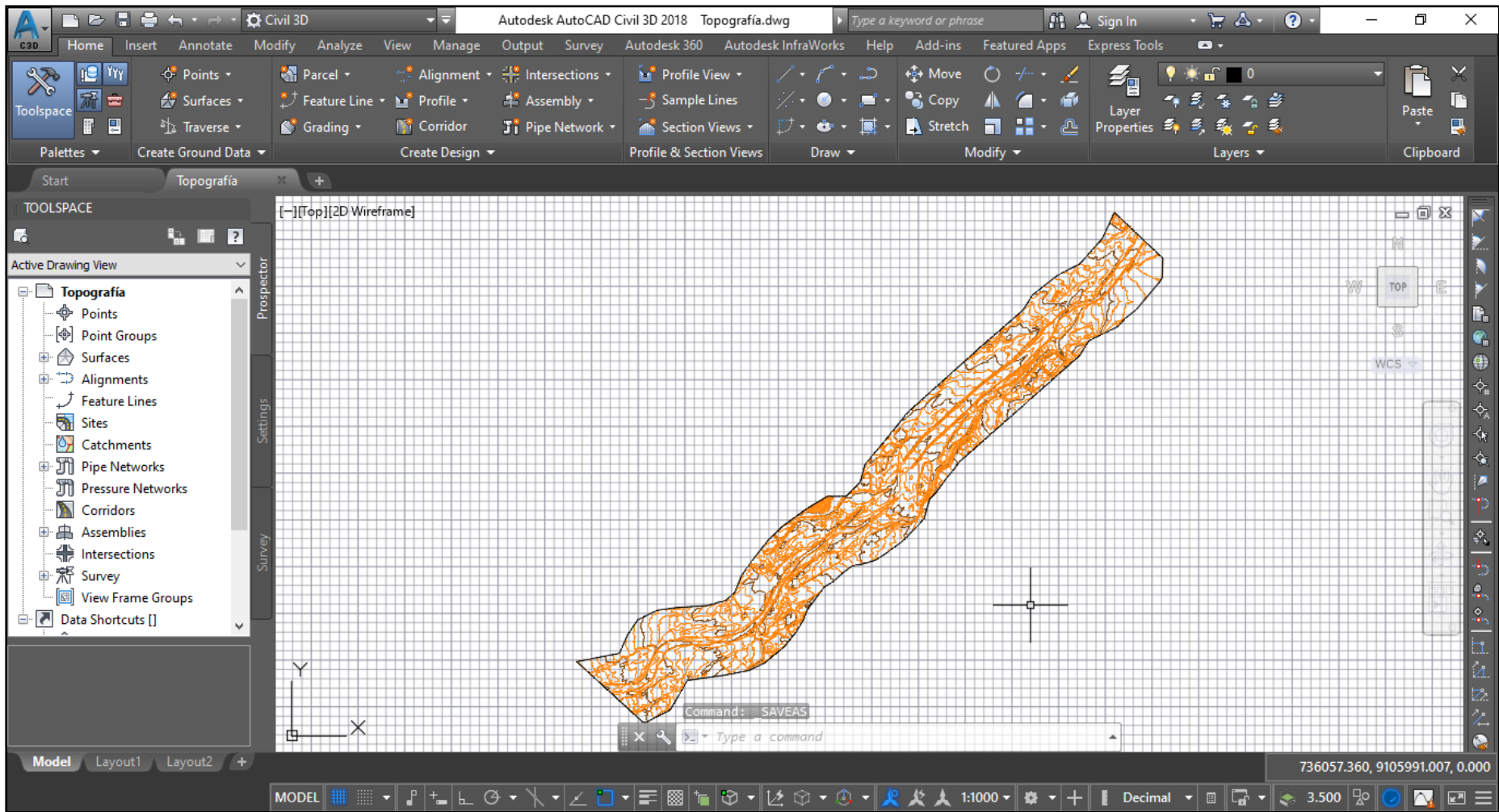


Figura 30 Vista de las Curvas de Nivel Original en AutoCAD Civil 3D

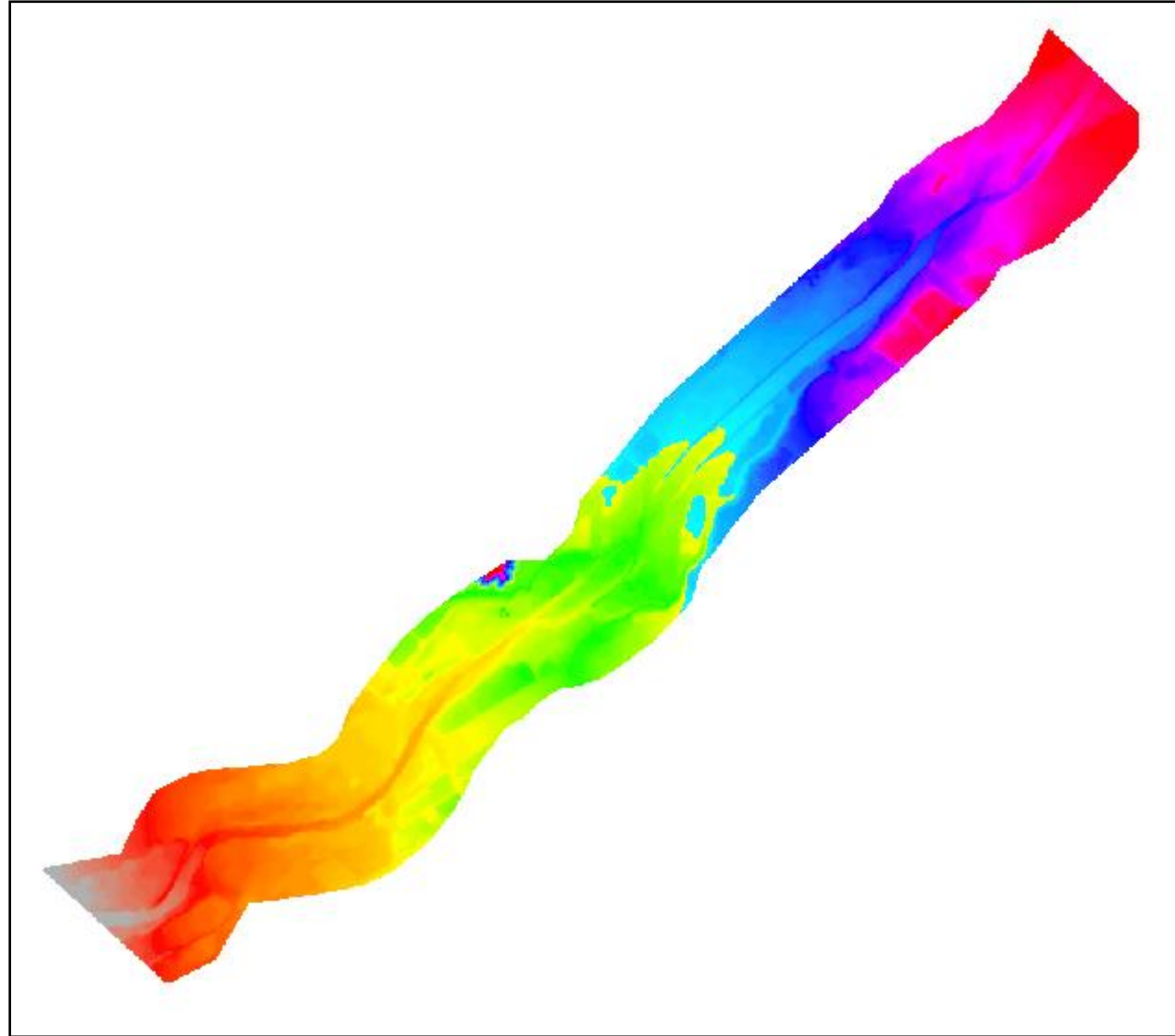


Figura 31 Vista del DEM en ArcGis

HIDROLOGÍA

Tabla 53
Caudales Máximos Anuales

AÑO	CAUDAL MAXIMO (m³/s)	AÑO	CAUDAL MAXIMO (m³/s)
1950	56.00	1985	20.80
1951	48.26	1986	72.00
1952	170.17	1987	64.00
1953	94.33	1988	98.53
1954	93.26	1989	40.00
1955	132.75	1990	22.64
1956	212.88	1991	41.50
1957	197.93	1992	26.06
1958	88.33	1993	66.97
1959	117.50	1994	204.80
1960	198.63	1995	23.84
1961	43.92	1996	64.00
1962	180.31	1997	200.00
1963	117.57	1998	1000.00
1964	119.19	1999	240.36
1965	78.40	2000	71.02
1966	58.45	2001	150.00
1967	336.60	2002	109.46
1968	23.42	2003	42.51
1969	91.81	2004	39.41
1970	96.10	2005	38.96
1971	117.63	2006	46.60
1972	138.25	2007	47.26
1973	152.96	2008	53.72
1974	50.29	2009	61.01
1975	170.88	2010	43.97
1976	112.85	2011	61.00
1977	201.52	2012	98.49
1978	24.00	2013	125.00
1979	54.88	2014	72.50
1980	56.00	2015	203.33
1981	160.00	2016	49.17
1982	90.00	2017	187.13
1983	280.00	2018	32.50
1984	152.00	2019	51.27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54
Caudales Ordenados Rio Moche Log Normal 2 Parámetros

N°	Caudal Máximo (m³/s) (x)	Ln(x)
1	20.80	3.03
2	22.64	3.12
3	23.42	3.15
4	23.84	3.17
5	24.00	3.18
6	26.06	3.26
7	32.50	3.48
8	38.96	3.66
9	39.41	3.67
10	40.00	3.69
11	41.50	3.73
12	42.51	3.75
13	43.92	3.78
14	43.97	3.78
15	46.60	3.84
16	47.26	3.86
17	48.26	3.88
18	49.17	3.90
19	50.29	3.92
20	51.27	3.94
21	53.72	3.98
22	54.88	4.01
23	56.00	4.03
24	56.00	4.03
25	58.45	4.07
26	61.00	4.11
27	61.01	4.11
28	64.00	4.16
29	64.00	4.16
30	66.97	4.20
31	71.02	4.26
32	72.00	4.28
33	72.50	4.28
34	78.40	4.36
35	88.33	4.48
36	90.00	4.50
37	91.81	4.52
38	93.26	4.54
39	94.33	4.55
40	96.10	4.57
41	98.49	4.59
42	98.53	4.59
43	109.46	4.70
44	112.85	4.73
45	117.50	4.77

46	117.57	4.77
47	117.63	4.77
48	119.19	4.78
49	125.00	4.83
50	132.75	4.89
51	138.25	4.93
52	150.00	5.01
53	152.00	5.02
54	152.96	5.03
55	160.00	5.08
56	170.17	5.14
57	170.88	5.14
58	180.31	5.19
59	187.13	5.23
60	197.93	5.29
61	198.63	5.29
62	200.00	5.30
63	201.52	5.31
64	203.33	5.31
65	204.80	5.32
66	212.88	5.36
67	240.36	5.48
68	280.00	5.63
69	336.60	5.82
70	1000.00	6.91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55
Caudales Ordenados Log Normal 3 Parámetros

N°	Caudales Máximos(m³/s)	Ln(X-X₀)
1	20.80	1.71336813
2	22.64	1.99980497
3	23.42	2.09980959
4	23.84	2.15032106
5	24.00	2.16878111
6	26.06	2.38062103
7	32.50	2.84767388
8	38.96	3.1656557
9	39.41	3.18446166
10	40.00	3.20872913
11	41.50	3.26772752
12	42.51	3.30545522
13	43.92	3.35569833
14	43.97	3.35739462
15	46.60	3.44524452
16	47.26	3.46607798
17	48.26	3.4967383
18	49.17	3.52383622
19	50.29	3.55636512
20	51.27	3.58391558
21	53.72	3.64973006
22	54.88	3.67952623
23	56.00	3.70739731
24	56.00	3.70739731
25	58.45	3.76585473
26	61.00	3.82313966
27	61.01	3.82327627
28	64.00	3.88665628
29	64.00	3.88665628
30	66.97	3.94579844
31	71.02	4.02113355

32	72.00	4.03861363
33	72.50	4.04738598
34	78.40	4.14542757
35	88.33	4.29150841
36	90.00	4.31411731
37	91.81	4.33797828
38	93.26	4.35683209
39	94.33	4.37036661
40	96.10	4.39256609
41	98.49	4.42166331
42	98.53	4.42215577
43	109.46	4.54550102
44	112.85	4.58085306
45	117.50	4.62734857
46	117.57	4.62803298
47	117.63	4.62861925
48	119.19	4.64374276
49	125.00	4.69818332
50	132.75	4.76642655
51	138.25	4.81216497
52	150.00	4.90342825
53	152.00	4.918137
54	152.96	4.92513271
55	160.00	4.97499164
56	170.17	5.04286764
57	170.88	5.04746607
58	180.31	5.1062643
59	187.13	5.14678268
60	197.93	5.20771746
61	198.63	5.21153114
62	200.00	5.21899065
63	201.52	5.22718443
64	203.33	5.23687245
65	204.80	5.24464026
66	212.88	5.28638453
67	240.36	5.41657858

68	280.00	5.57877698
69	336.60	5.77252345
70	1000.00	6.89238538

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56
Caudales Ordenados Gamma 2 Parámetros

Nº	Caudal Máximo (m³/s) (x)	Ln(x)
1	20.80	3.035
2	22.64	3.120
3	23.42	3.153
4	23.84	3.171
5	24.00	3.178
6	26.06	3.261
7	32.50	3.481
8	38.96	3.662
9	39.41	3.674
10	40.00	3.689
11	41.50	3.726
12	42.51	3.750
13	43.92	3.782
14	43.97	3.783
15	46.60	3.842
16	47.26	3.856
17	48.26	3.877
18	49.17	3.895
19	50.29	3.918
20	51.27	3.937
21	53.72	3.984
22	54.88	4.005
23	56.00	4.025
24	56.00	4.025
25	58.45	4.068
26	61.00	4.111
27	61.01	4.111
28	64.00	4.159
29	64.00	4.159
30	66.97	4.204
31	71.02	4.263
32	72.00	4.277
33	72.50	4.284

34	78.40	4.362
35	88.33	4.481
36	90.00	4.500
37	91.81	4.520
38	93.26	4.535
39	94.33	4.547
40	96.10	4.565
41	98.49	4.590
42	98.53	4.590
43	109.46	4.696
44	112.85	4.726
45	117.50	4.766
46	117.57	4.767
47	117.63	4.768
48	119.19	4.781
49	125.00	4.828
50	132.75	4.888
51	138.25	4.929
52	150.00	5.011
53	152.00	5.024
54	152.96	5.030
55	160.00	5.075
56	170.17	5.137
57	170.88	5.141
58	180.31	5.195
59	187.13	5.232
60	197.93	5.288
61	198.63	5.291
62	200.00	5.298
63	201.52	5.306
64	203.33	5.315
65	204.80	5.322
66	212.88	5.361
67	240.36	5.482
68	280.00	5.635
69	336.60	5.819

70	1000.00	6.908
----	---------	-------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57
 Caudales 1950-2019 Log Pearson Tipo 3

N°	Caudal Máximo	Ln Q	(Ln _x -media(Ln _x) ²	(Ln _x -media(Ln _x) ³
1	56.00	4.025	0.17637847	-0.07407444
2	48.26	3.877	0.32344586	-0.1839511
3	170.17	5.137	0.47810084	0.33058205
4	94.33	4.547	0.01028606	0.00104321
5	93.26	4.535	0.00811561	0.00073111
6	132.75	4.888	0.19638115	0.08702614
7	212.88	5.361	0.83796185	0.76707243
8	197.93	5.288	0.70994496	0.59818707
9	88.33	4.481	0.00127752	4.5662E-05
10	117.50	4.766	0.10308576	0.03309772
11	198.63	5.291	0.71588966	0.60571612
12	43.92	3.782	0.43957139	-0.29143663
13	180.31	5.195	0.56148615	0.42073494
14	117.57	4.767	0.10346857	0.03328225
15	119.19	4.781	0.11246019	0.03771362
16	78.40	4.362	0.006979	-0.00058303
17	58.45	4.068	0.14220671	-0.05362658
18	336.60	5.819	1.8866924	2.5915026
19	23.42	3.153	1.6689121	-2.15600715
20	91.81	4.520	0.00552654	0.00041085
21	96.10	4.565	0.01441518	0.00173073
22	117.63	4.768	0.10379707	0.03344088
23	138.25	4.929	0.23400204	0.11319558
24	152.96	5.030	0.34204997	0.20004806
25	50.29	3.918	0.27831911	-0.14682992
26	170.88	5.141	0.48390874	0.33662409
27	112.85	4.726	0.07881126	0.02212496
28	201.52	5.306	0.74056793	0.63730504
29	24.00	3.178	1.60597891	-2.03521249
30	54.88	4.005	0.19375586	-0.08528689
31	56.00	4.025	0.17637847	-0.07407444
32	160.00	5.075	0.39670819	0.24986576
33	90.00	4.500	0.00296846	0.00016173
34	280.00	5.635	1.41482351	1.68288098
35	152.00	5.024	0.33472526	0.19365679
36	20.80	3.035	1.98915222	-2.80544674
37	72.00	4.277	0.02844618	-0.00479773
38	64.00	4.159	0.08204958	-0.02350253
39	98.53	4.590	0.02102927	0.00304955
40	40.00	3.689	0.57221147	-0.43284743
41	22.64	3.120	1.75723607	-2.32940586
42	41.50	3.726	0.51773242	-0.37252725
43	26.06	3.261	1.40368235	-1.66304216
44	66.97	4.204	0.0581202	-0.01401169
45	204.80	5.322	0.76861662	0.67385221
46	23.84	3.171	1.6229772	-2.06761001
47	64.00	4.159	0.08204958	-0.02350253
48	200.00	5.298	0.72759416	0.62063149
49	1000.00	6.908	6.06355764	14.9310815
50	240.36	5.482	1.07497857	1.1145504

51	71.02	4.263	0.03327395	-0.00606955
52	150.00	5.011	0.31959965	0.18067973
53	109.46	4.696	0.06261662	0.01566875
54	42.51	3.750	0.48373181	-0.3364395
55	39.41	3.674	0.59504416	-0.45901175
56	38.96	3.662	0.61289506	-0.47982092
57	46.60	3.842	0.36439815	-0.2199704
58	47.26	3.856	0.34761786	-0.20495245
59	53.72	3.984	0.21307709	-0.09835697
60	61.01	4.111	0.11178975	-0.03737688
61	43.97	3.783	0.43810406	-0.28997857
62	61.00	4.111	0.11185827	-0.03741125
63	98.49	4.590	0.02090872	0.00302337
64	125.00	4.828	0.14667956	0.05617646
65	72.50	4.284	0.02615967	-0.00423105
66	203.33	5.315	0.75606608	0.65741504
67	49.17	3.895	0.30262121	-0.16647501
68	187.13	5.232	0.61854686	0.48647318
69	32.50	3.481	0.92946177	-0.89608105
70	51.27	3.937	0.25835394	-0.13131751

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58
Caudales 1950-2019 Log Gumbel

N°	Caudal Máximo (m³/s) (x)	Ln(x)
1	56.00	4.02535169
2	48.26	3.87660306
3	170.17	5.13677443
4	94.33	4.54674627
5	93.26	4.53541274
6	132.75	4.88847519
7	212.88	5.36072863
8	197.93	5.28790838
9	88.33	4.48106848
10	117.50	4.76639578
11	198.63	5.29142869
12	43.92	3.78232426
13	180.31	5.19464986
14	117.57	4.76699137
15	119.19	4.78067691
16	78.40	4.36178566
17	58.45	4.06822301
18	336.60	5.81889528
19	23.42	3.15346225
20	91.81	4.51966676
21	96.10	4.56538932
22	117.63	4.7675016
23	138.25	4.92906364
24	152.96	5.03017645
25	50.29	3.91776648
26	170.88	5.14096156
27	112.85	4.7260595
28	201.52	5.30588863
29	24.00	3.17805383
30	54.88	4.00514898
31	56.00	4.02535169
32	160.00	5.07517382

33	90.00	4.49980967
34	280.00	5.6347896
35	152.00	5.02388052
36	20.80	3.03495299
37	72.00	4.27666612
38	64.00	4.15888308
39	98.53	4.59034077
40	40.00	3.68887945
41	22.64	3.11971825
42	41.50	3.72578981
43	26.06	3.26055505
44	66.97	4.20424476
45	204.80	5.32203389
46	23.84	3.17136484
47	64.00	4.15888308
48	200.00	5.29831737
49	1000.00	6.90775528
50	240.36	5.4821378
51	71.02	4.26291459
52	150.00	5.01065752
53	109.46	4.69555919
54	42.51	3.74981775
55	39.41	3.67393501
56	38.96	3.66244992
57	46.60	3.84167207
58	47.26	3.8557348
59	53.72	3.98372332
60	61.01	4.11097632
61	43.97	3.78343177
62	61.00	4.11087386
63	98.49	4.58992456
64	125.00	4.82831374
65	72.50	4.28358656
66	203.33	5.31484667
67	49.17	3.89521589
68	187.13	5.23180356

69	32.50	3.48124009
70	51.27	3.93704077

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59

Tabla de distribución normal estandarizada para hallar el factor de frecuencia K de las distribuciones estadísticas (Normal, Log Normal 2 y 3 parámetros).

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00000	0.00399	0.00798	0.01197	0.01595	0.01994	0.02392	0.02790	0.03188	0.03586
0.1	0.03983	0.04380	0.04776	0.05172	0.05567	0.05962	0.06356	0.06749	0.07142	0.07535
0.2	0.07926	0.08317	0.08708	0.09098	0.09483	0.09871	0.10257	0.10642	0.11026	0.11409
0.3	0.11791	0.12172	0.12552	0.12930	0.13307	0.13683	0.14058	0.14431	0.14803	0.15173
0.4	0.15542	0.15910	0.16276	0.16640	0.17003	0.17364	0.17724	0.18082	0.18439	0.18793
0.5	0.19146	0.19497	0.19847	0.20194	0.20540	0.20884	0.21226	0.21566	0.21904	0.22240
0.6	0.22575	0.22907	0.23237	0.23565	0.23891	0.24215	0.24537	0.24857	0.25175	0.25490
0.7	0.25804	0.26115	0.26424	0.26730	0.27035	0.27337	0.27637	0.27935	0.28230	0.28524
0.8	0.28814	0.29103	0.29389	0.29673	0.29955	0.30234	0.30511	0.30785	0.31057	0.31327
0.9	0.31594	0.31859	0.32121	0.32381	0.32639	0.32894	0.33147	0.33398	0.33648	0.33891
1.0	0.34134	0.34375	0.34614	0.34849	0.35083	0.35314	0.35543	0.35769	0.35993	0.36214
1.1	0.36433	0.36650	0.36864	0.37076	0.37286	0.37493	0.37698	0.37900	0.38100	0.38298
1.2	0.38493	0.38686	0.38877	0.39065	0.39251	0.39435	0.39617	0.39796	0.39973	0.40147
1.3	0.40320	0.40490	0.40658	0.40824	0.40988	0.41149	0.41308	0.41466	0.41621	0.41774
1.4	0.41924	0.42073	0.42220	0.42364	0.42507	0.42647	0.42785	0.42922	0.43056	0.43189
1.5	0.43319	0.43448	0.43574	0.43699	0.43822	0.43943	0.44062	0.44179	0.44295	0.44408
1.6	0.44520	0.44630	0.44738	0.44845	0.44950	0.45053	0.45154	0.45254	0.45352	0.45449
1.7	0.45543	0.45637	0.45728	0.45818	0.45907	0.45994	0.46080	0.46164	0.46246	0.46327
1.8	0.46407	0.46485	0.46562	0.46638	0.46712	0.46784	0.46856	0.46926	0.46995	0.47062
1.9	0.47126	0.47183	0.47237	0.47289	0.47338	0.47385	0.47431	0.47476	0.47519	0.47560
2.0	0.47600	0.47641	0.47680	0.47717	0.47753	0.47788	0.47822	0.47855	0.47887	0.47918
2.1	0.47948	0.47977	0.47999	0.48019	0.48037	0.48054	0.48070	0.48085	0.48099	0.48112
2.2	0.48125	0.48138	0.48150	0.48161	0.48172	0.48182	0.48191	0.48199	0.48207	0.48214
2.3	0.48221	0.48228	0.48234	0.48240	0.48245	0.48250	0.48254	0.48258	0.48262	0.48265
2.4	0.48269	0.48272	0.48275	0.48278	0.48281	0.48283	0.48285	0.48287	0.48289	0.48291
2.5	0.48292	0.48294	0.48296	0.48298	0.48299	0.48300	0.48301	0.48302	0.48303	0.48304
2.6	0.48305	0.48306	0.48307	0.48308	0.48309	0.48309	0.48310	0.48310	0.48311	0.48311
2.7	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
2.8	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
2.9	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.0	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.1	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.2	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.3	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.4	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.5	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.6	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.7	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.8	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312
3.9	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312	0.48312

Tabla 60
 Coeficiente X2 para la distribución Gamma 2 parámetros

Tabla A.7 FDA de las distribuciones χ^2 , gamma y Poisson										
v	$\chi^2 = 3.2$	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
	$\alpha = 1.1$	1.3	1.5	1.4	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0
1	0.13801	0.13184	0.10688	0.08488	0.06287	0.03784	0.06285	0.01778	0.00133	0.00000
2	0.33267	0.30119	0.27323	0.24840	0.22315	0.20190	0.18268	0.16530	0.14937	0.13464
3	0.54186	0.49883	0.44749	0.40330	0.36163	0.32181	0.28397	0.24802	0.21389	0.18148
4	0.69905	0.64363	0.57825	0.51183	0.44782	0.38763	0.33133	0.27894	0.22932	0.18201
5	0.82084	0.75147	0.67127	0.59079	0.50986	0.42918	0.35007	0.27350	0.20011	0.12943
6	0.90643	0.82949	0.74711	0.66330	0.57861	0.49336	0.40773	0.32182	0.23562	0.14908
7	0.94795	0.86444	0.77623	0.68967	0.60200	0.51450	0.42730	0.34030	0.25340	0.16658
8	0.97438	0.88635	0.79491	0.70628	0.61636	0.52619	0.43580	0.34530	0.25480	0.16432
9	0.98790	0.89643	0.80207	0.71170	0.62030	0.52883	0.43730	0.34580	0.25430	0.16311
10	0.99437	0.90033	0.80394	0.71371	0.62142	0.52927	0.43773	0.34630	0.25481	0.16353
11	0.99758	0.90127	0.80393	0.71311	0.62072	0.52781	0.43631	0.34519	0.25441	0.16303
12	0.99903	0.90230	0.80377	0.71280	0.62054	0.52746	0.43500	0.34482	0.25411	0.16264
13	0.99961	0.90280	0.80383	0.71284	0.62053	0.52711	0.43466	0.34473	0.25414	0.16269
14	0.99983	0.90273	0.80390	0.71293	0.62057	0.52687	0.43433	0.34473	0.25413	0.16267
15	0.99994	0.90290	0.80384	0.71274	0.62050	0.52660	0.43403	0.34478	0.25423	0.16274
16	0.99998	0.90295	0.80384	0.71285	0.62052	0.52674	0.43461	0.34464	0.25421	0.16269
17	0.99999	0.90290	0.80393	0.71296	0.62053	0.52689	0.43463	0.34475	0.25424	0.16272
18			0.90399	0.71298	0.62057	0.52695	0.43463	0.34476	0.25424	0.16273
19				0.90398	0.62050	0.52692	0.43463	0.34477	0.25424	0.16273
20					0.62050	0.52699	0.43463	0.34477	0.25424	0.16273
21							0.43463	0.34477	0.25424	0.16273
22								0.34477	0.25424	0.16273
23									0.25424	0.16273
24										0.16273
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										

Tabla 61

Tabla para hallar el factor de frecuencia K para la distribución Gamma 3
 Parámetros y Log Pearson tipo 3

Coeficiente de asimetría C_r o C_w	Periodo de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia						
	0.50	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

Tabla 62

Factor δ para hallar el error estándar de las distribuciones Gamma 2 y 3 parámetros.

γ	$T_r=2$	$T_r=5$	$T_r=10$	$T_r=20$	$T_r=50$	$T_r=100$
0.0	1.0801	1.1698	1.3748	1.6845	2.1988	2.6363
0.1	1.0808	1.2006	1.4367	1.7810	2.3425	2.8168
0.2	1.0830	1.2309	1.4989	1.8815	2.4986	3.0175
0.3	1.0866	1.2609	1.5610	1.9852	2.6656	3.2365
0.4	1.0913	1.2905	1.6227	2.0915	2.8423	3.4724
0.5	1.0987	1.3199	1.6838	2.1998	3.0277	3.7238
0.6	1.1073	1.3492	1.7441	2.3094	3.2209	3.9895
0.7	1.1179	1.3785	1.8032	2.4198	3.1208	4.2684
0.8	1.1304	1.4082	1.8609	2.5303	3.6266	4.5595
0.9	1.1449	1.4385	1.9170	2.6403	3.8374	4.8618
1.0	1.1614	1.4699	1.9714	2.7492	4.0522	5.1741
1.1	1.1799	1.5030	2.0240	2.8564	4.2699	5.4952
1.2	1.2003	1.5382	2.0747	2.9613	4.4996	5.8240
1.3	1.2223	1.5764	2.1237	3.0631	4.7100	6.1592
1.4	1.2157	1.6181	2.1711	3.1615	4.9301	6.4992
1.5	1.2701	1.6643	2.2173	3.2557	5.1486	6.8427
1.6	1.2952	1.7157	2.2627	3.3455	5.3644	7.1881
1.7	1.3204	1.7732	2.3081	3.4303	5.5761	7.5339
1.8	1.3452	1.8374	2.3541	3.5100	5.7827	7.8783
1.9	1.3690	1.9091	2.4018	3.5844	5.9829	8.2196
2.0	1.3913	1.9888	2.4525	3.6536	6.1755	8.5562

Tabla 63

Tabla para hallar el delta tabular Δ_0 para la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov

TAMAÑO DE MUESTRA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA α				
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
1	0.9	0.1	0.975	0.99	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.9	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.689	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.829
5	0.477	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.41	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.359	0.41	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.43	0.48	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.486
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.295	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.39	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
30	0.19	0.218	0.242	0.27	0.29
40	0.165	0.189	0.21	0.235	0.252
n grande	$1.07/n^{1/2}$	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.52/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Tabla 64

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 2 parámetros

N°=m	Q=x(m³/s)	Ln x	P(x)	Z	F(z)	Δ
1	20.80	3.03	0.01408451	-1.41	0.0294	0.0153155
2	22.64	3.12	0.02816901	-1.33	0.0378	0.009631
3	23.42	3.15	0.04225352	-1.29	0.0417	0.0005535
4	23.84	3.17	0.05633803	-1.27	0.0439	0.012438
5	24.00	3.18	0.07042254	-1.27	0.0447	0.0257225
6	26.06	3.26	0.08450704	-1.18	0.0562	0.028307
7	32.50	3.48	0.09859155	-0.96	0.0982	0.0003915
8	38.96	3.66	0.11267606	-0.78	0.147	0.0343239
9	39.41	3.67	0.12676056	-0.77	0.1506	0.0238394
10	40.00	3.69	0.14084507	-0.76	0.1553	0.0144549
11	41.50	3.73	0.15492958	-0.72	0.1674	0.0124704
12	42.51	3.75	0.16901408	-0.70	0.1756	0.0065859
13	43.92	3.78	0.18309859	-0.66	0.1871	0.0040014
14	43.97	3.78	0.1971831	-0.66	0.2092	0.0120169
15	46.60	3.84	0.21126761	-0.60	0.2147	0.0034324
16	47.26	3.86	0.22535211	-0.59	0.223	0.0023521
17	48.26	3.88	0.23943662	-0.57	0.2305	0.0089366
18	49.17	3.90	0.25352113	-0.55	0.2398	0.0137211
19	50.29	3.92	0.26760563	-0.53	0.2479	0.0197056
20	51.27	3.94	0.28169014	-0.51	0.2681	0.0135901
21	53.72	3.98	0.29577465	-0.46	0.2776	0.0181746
22	54.88	4.01	0.30985915	-0.44	0.2868	0.0230592
23	56.00	4.03	0.32394366	-0.42	0.3066	0.0173437
24	56.00	4.03	0.33802817	-0.42	0.327	0.0110282
25	58.45	4.07	0.35211268	-0.38	0.327	0.0251127
26	61.00	4.11	0.36619718	-0.33	0.3505	0.0156972
27	61.01	4.11	0.38028169	-0.33	0.3505	0.0297817
28	64.00	4.16	0.3943662	-0.29	0.3733	0.0210662
29	64.00	4.16	0.4084507	-0.29	0.4034	0.0050507
30	66.97	4.20	0.42253521	-0.24	0.4106	0.0119352
31	71.02	4.26	0.43661972	-0.18	0.4142	0.0224197
32	72.00	4.28	0.45070423	-0.17	0.4554	0.0046958

33	72.50	4.28	0.46478873	-0.16	0.5191	0.0543113
34	78.40	4.36	0.47887324	-0.08	0.5291	0.0502268
35	88.33	4.48	0.49295775	0.04	0.5397	0.0467423
36	90.00	4.50	0.50704225	0.05	0.5481	0.0410577
37	91.81	4.52	0.52112676	0.07	0.5541	0.0329732
38	93.26	4.54	0.53521127	0.09	0.5639	0.0286887
39	94.33	4.55	0.54929577	0.10	0.5768	0.0275042
40	96.10	4.57	0.56338028	0.12	0.5771	0.0137197
41	98.49	4.59	0.57746479	0.14	0.6313	0.0538352
42	98.53	4.59	0.5915493	0.15	0.6466	0.0550507
43	109.46	4.70	0.6056338	0.25	0.6665	0.0608662
44	112.85	4.73	0.61971831	0.28	0.6668	0.0470817
45	117.50	4.77	0.63380282	0.32	0.6671	0.0332972
46	117.57	4.77	0.64788732	0.32	0.6735	0.0256127
47	117.63	4.77	0.66197183	0.32	0.6961	0.0341282
48	119.19	4.78	0.67605634	0.34	0.7237	0.0476437
49	125.00	4.83	0.69014085	0.38	0.7416	0.0514592
50	132.75	4.89	0.70422535	0.44	0.7757	0.0714746
51	138.25	4.93	0.71830986	0.48	0.781	0.0626901
52	150.00	5.01	0.73239437	0.57	0.7834	0.0510056
53	152.00	5.02	0.74647887	0.58	0.8007	0.0542211
54	152.96	5.03	0.76056338	0.58	0.823	0.0624366
55	160.00	5.08	0.77464789	0.63	0.8244	0.0497521
56	170.17	5.14	0.78873239	0.69	0.8424	0.0536676
57	170.88	5.14	0.8028169	0.70	0.8541	0.0512831
58	180.31	5.19	0.81690141	0.75	0.8706	0.0536986
59	187.13	5.23	0.83098592	0.79	0.8716	0.0406141
60	197.93	5.29	0.84507042	0.84	0.8735	0.0284296
61	198.63	5.29	0.85915493	0.85	0.8756	0.0164451
62	200.00	5.30	0.87323944	0.85	0.8781	0.0048606
63	201.52	5.31	0.88732394	0.86	0.88	0.0073239
64	203.33	5.31	0.90140845	0.87	0.9177	0.0162915
65	204.80	5.32	0.91549296	0.88	0.9446	0.029107
66	212.88	5.36	0.92957746	0.92	0.9672	0.0376225
67	240.36	5.48	0.94366197	1.04	0.9177	0.025962
68	280.00	5.63	0.95774648	1.19	0.9446	0.0131465

69	336.60	5.82	0.97183099	1.37	0.9672	0.004631
70	1000.00	6.91	0.98591549	2.46	0.9995	0.0135845

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65
Parámetros Estadísticos

Parámetros Estadísticos	
Datos (N)	70
Media (\bar{x})	115.53
Media log ($\bar{x} \ln x$)	4.45
Desv. Estándar (S)	127.10
Desv. Estándar (δy)	0.746
Coef. Variación ($\frac{\bar{x}}{S}$)	0.9088

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Normal 3 parámetros.

N°	Q	P(x)	Ln(x-x ₀)	(Ln(x-x ₀)- uy) ²	Z	F(z)	Δ
1	20.80	0.01408451	1.71336813	5.94430514	-2.46	0.0066	0.00748451
2	22.64	0.02816901	1.99980497	4.629631	-2.17	0.0143	0.01386901
3	23.42	0.04225352	2.09980959	4.20928049	-2.07	0.0185	0.02375352
4	23.84	0.05633803	2.15032106	4.00456784	-2.02	0.0209	0.03543803
5	24.00	0.07042254	2.16878111	3.9310263	-2.00	0.219	0.14857746
6	26.06	0.08450704	2.38062103	3.13588021	-1.79	0.0359	0.04860704
7	32.50	0.09859155	2.84767388	1.69986528	-1.32	0.0924	0.00619155
8	38.96	0.11267606	3.1656557	0.97181544	-1.00	0.1581	0.04542394
9	39.41	0.12676056	3.18446166	0.935091	-0.98	0.1627	0.03593944
10	40.00	0.14084507	3.20872913	0.88874659	-0.95	0.1689	0.02805493
11	41.50	0.15492958	3.26772752	0.78098787	-0.89	0.1844	0.02947042
12	42.51	0.16901408	3.30545522	0.71572866	-0.85	0.1948	0.02578592
13	43.92	0.18309859	3.35569833	0.63324094	-0.80	0.2092	0.02610141
14	43.97	0.1971831	3.35739462	0.63054411	-0.80	0.2097	0.0125169
15	46.60	0.21126761	3.44524452	0.49874411	-0.71	0.2363	0.02503239
16	47.26	0.22535211	3.46607798	0.46975221	-0.69	0.2429	0.01754789
17	48.26	0.23943662	3.4967383	0.42866404	-0.66	0.2528	0.01336338
18	49.17	0.25352113	3.52383622	0.393915	-0.63	0.261	0.00747887
19	50.29	0.26760563	3.55636512	0.35414113	-0.60	0.2711	0.00349437
20	51.27	0.28169014	3.58391558	0.32210974	-0.57	0.2799	0.00179014
21	53.72	0.29577465	3.64973006	0.25173564	-0.51	0.3016	0.00582535
22	54.88	0.30985915	3.67952623	0.22272403	-0.48	0.3117	0.00184085
23	56.00	0.32394366	3.70739731	0.19719407	-0.45	0.3213	0.00264366
24	56.00	0.33802817	3.70739731	0.19719407	-0.45	0.3213	0.01672817
25	58.45	0.35211268	3.76585473	0.1486935	-0.39	0.342	0.01011268
26	61.00	0.36619718	3.82313966	0.10779602	-0.33	0.3628	0.00339718
27	61.01	0.38028169	3.82327627	0.10770633	-0.33	0.3629	0.01738169
28	64.00	0.3943662	3.88665628	0.07012244	-0.27	0.3866	0.0077662
29	64.00	0.4084507	3.88665628	0.07012244	-0.27	0.3866	0.0218507
30	66.97	0.42253521	3.94579844	0.04229779	-0.21	0.4093	0.01323521
31	71.02	0.43661972	4.02113355	0.01698569	-0.13	0.4388	0.00218028
32	72.00	0.45070423	4.03861363	0.01273491	-0.11	0.4457	0.00500423

33	72.50	0.46478873	4.04738598	0.01083196	-0.11	0.4492	0.01558873
34	78.40	0.47887324	4.14542757	3.6423E-05	-0.01	0.4886	0.00972676
35	88.33	0.49295775	4.29150841	0.0196128	0.14	0.548	0.05504225
36	90.00	0.50704225	4.31411731	0.02645652	0.16	0.5572	0.05015775
37	91.81	0.52112676	4.33797828	0.03478806	0.19	0.5668	0.04567324
38	93.26	0.53521127	4.35683209	0.04217659	0.21	0.5745	0.03928873
39	94.33	0.54929577	4.37036661	0.04791892	0.22	0.5799	0.03060423
40	96.10	0.56338028	4.39256609	0.05813084	0.24	0.5889	0.02551972
41	98.49	0.57746479	4.42166331	0.07300837	0.27	0.6006	0.02313521
42	98.53	0.5915493	4.42215577	0.07327474	0.27	0.6007	0.0091507
43	109.46	0.6056338	4.54550102	0.1552662	0.40	0.6493	0.0436662
44	112.85	0.61971831	4.58085306	0.18437608	0.43	0.6629	0.04318169
45	117.50	0.63380282	4.62734857	0.22646736	0.48	0.6805	0.04669718
46	117.57	0.64788732	4.62803298	0.22711923	0.48	0.6807	0.03281268
47	117.63	0.66197183	4.62861925	0.22767837	0.48	0.681	0.01902817
48	119.19	0.67605634	4.64374276	0.24233966	0.50	0.6866	0.01054366
49	125.00	0.69014085	4.69818332	0.29890344	0.55	0.7066	0.01645915
50	132.75	0.70422535	4.76642655	0.37818054	0.62	0.7308	0.02657465
51	138.25	0.71830986	4.81216497	0.43652749	0.67	0.7465	0.02819014
52	150.00	0.73239437	4.90342825	0.56545219	0.76	0.7765	0.04410563
53	152.00	0.74647887	4.918137	0.58778949	0.77	0.7811	0.03462113
54	152.96	0.76056338	4.92513271	0.59856528	0.78	0.7833	0.02273662
55	160.00	0.77464789	4.97499164	0.67819992	0.83	0.7985	0.02385211
56	170.17	0.78873239	5.04286764	0.79460277	0.90	0.8182	0.02946761
57	170.88	0.8028169	5.04746607	0.80282204	0.90	0.8195	0.0166831
58	180.31	0.81690141	5.1062643	0.9116461	0.96	0.8356	0.01869859
59	187.13	0.83098592	5.14678268	0.99066187	1.00	0.8461	0.01511408
60	197.93	0.84507042	5.20771746	1.11567412	1.07	0.861	0.01592958
61	198.63	0.85915493	5.21153114	1.1237451	1.07	0.8619	0.00274507
62	200.00	0.87323944	5.21899065	1.13961593	1.08	0.8637	0.00953944
63	201.52	0.88732394	5.22718443	1.15717725	1.09	0.8656	0.02172394
64	203.33	0.90140845	5.23687245	1.17811432	1.10	0.8678	0.03360845
65	204.80	0.91549296	5.24464026	1.19503718	1.10	0.8696	0.04589296
66	212.88	0.92957746	5.28638453	1.28804756	1.15	0.8789	0.05067746
67	240.36	0.94366197	5.41657858	1.60051819	1.28	0.9048	0.03886197
68	280.00	0.95774648	5.57877698	2.03722605	1.44	0.9312	0.02654648

69	336.60	0.97183099	5.77252345	2.62783796	1.64	0.955	0.01683099
70	1000.00	0.98591549	6.89238538	7.51265715	2.77	0.9983	0.01238451

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67
Parámetros Estadísticos

Parámetros Estadísticos	
Datos (N)	70
Media ($\bar{x} \ln(x - x_0)$)	4.1514
Desv. Estándar (δy)	0.9904
Mediana	89.16
Xo	15.2523

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Gamma 2 parámetros.

N°	Q	Ln _x	P(x)	Y	X ²	G(y)	Δ
1	20.80	3.035	0.01408451	0.32272066	0.64544131	0.0654	0.05131549
2	22.64	3.120	0.02816901	0.35126902	0.70253805	0.0737	0.04553099
3	23.42	3.153	0.04225352	0.3633245	0.726649	0.0777	0.03544648
4	23.84	3.171	0.05633803	0.36988752	0.73977504	0.08	0.02366197
5	24.00	3.178	0.07042254	0.37236999	0.74473998	0.0808	0.01037746
6	26.06	3.261	0.08450704	0.40439381	0.80878762	0.0918	0.00729296
7	32.50	3.481	0.09859155	0.50425103	1.00850205	0.1283	0.02970845
8	38.96	3.662	0.11267606	0.6044289	1.20885779	0.1671	0.05442394
9	39.41	3.674	0.12676056	0.61141083	1.22282167	0.1698	0.04303944
10	40.00	3.689	0.14084507	0.62061665	1.2412333	0.1735	0.03265493
11	41.50	3.726	0.15492958	0.64395183	1.28790367	0.1827	0.02777042
12	42.51	3.750	0.16901408	0.65961206	1.31922412	0.189	0.01998592
13	43.92	3.782	0.18309859	0.68140605	1.3628121	0.1977	0.01460141
14	43.97	3.783	0.1971831	0.68216113	1.36432226	0.198	0.0008169
15	46.60	3.842	0.21126761	0.72307011	1.44614022	0.2145	0.00323239
16	47.26	3.856	0.22535211	0.73331029	1.46662057	0.2186	0.00675211
17	48.26	3.877	0.23943662	0.74877399	1.49754797	0.2249	0.01453662
18	49.17	3.895	0.25352113	0.7628413	1.52568259	0.2306	0.02292113
19	50.29	3.918	0.26760563	0.78023925	1.5604785	0.2376	0.03000563
20	51.27	3.937	0.28169014	0.79542367	1.59084734	0.2438	0.03789014
21	53.72	3.984	0.29577465	0.83343644	1.66687288	0.2592	0.03657465
22	54.88	4.005	0.30985915	0.85148604	1.70297208	0.2665	0.04335915
23	56.00	4.025	0.32394366	0.86886331	1.73772661	0.2735	0.05044366
24	56.00	4.025	0.33802817	0.86886331	1.73772661	0.2888	0.04922817
25	58.45	4.068	0.35211268	0.90692262	1.81384525	0.3047	0.04741268
26	61.00	4.111	0.36619718	0.94644039	1.89288078	0.3047	0.06149718
27	61.01	4.111	0.38028169	0.94653736	1.89307472	0.3232	0.05708169
28	64.00	4.159	0.3943662	0.99298664	1.98597327	0.3232	0.0711662
29	64.00	4.159	0.4084507	0.99298664	1.98597327	0.3414	0.0670507
30	66.97	4.204	0.42253521	1.03906742	2.07813484	0.3658	0.05673521
31	71.02	4.263	0.43661972	1.10185314	2.20370628	0.3717	0.06491972
32	72.00	4.277	0.45070423	1.11710997	2.23421993	0.3747	0.07600423

33	72.50	4.284	0.46478873	1.12486767	2.24973535	0.4093	0.05548873
34	78.40	4.362	0.47887324	1.21636208	2.43272417	0.465	0.01387324
35	88.33	4.481	0.49295775	1.3704612	2.74092239	0.4741	0.01885775
36	90.00	4.500	0.50704225	1.39638746	2.79277491	0.4837	0.02334225
37	91.81	4.520	0.52112676	1.42439278	2.84878557	0.4914	0.02972676
38	93.26	4.535	0.53521127	1.44699874	2.89399749	0.497	0.03821127
39	94.33	4.547	0.54929577	1.46349163	2.92698326	0.5062	0.04309577
40	96.10	4.565	0.56338028	1.4910315	2.98206299	0.5184	0.04498028
41	98.49	4.590	0.57746479	1.52806679	3.05613359	0.5186	0.05886479
42	98.53	4.590	0.5915493	1.52870293	3.05740585	0.5718	0.0197493
43	109.46	4.696	0.6056338	1.69831746	3.39663491	0.5873	0.0183338
44	112.85	4.726	0.61971831	1.75091472	3.50182943	0.6079	0.01181831
45	117.50	4.766	0.63380282	1.82298383	3.64596765	0.6082	0.02560282
46	117.57	4.767	0.64788732	1.8240699	3.64813981	0.6084	0.03948732
47	117.63	4.768	0.66197183	1.82500083	3.65000166	0.6151	0.04687183
48	119.19	4.781	0.67605634	1.84920488	3.69840976	0.6394	0.03665634
49	125.00	4.828	0.69014085	1.93942702	3.87885405	0.6697	0.02044085
50	132.75	4.888	0.70422535	2.05968701	4.11937403	0.6899	0.01432535
51	138.25	4.929	0.71830986	2.14500629	4.29001258	0.7296	0.01129014
52	150.00	5.011	0.73239437	2.32736415	4.65472829	0.7359	0.00350563
53	152.00	5.024	0.74647887	2.35834326	4.71668652	0.7389	0.00757887
54	152.96	5.030	0.76056338	2.37323806	4.74647612	0.7598	0.00076338
55	160.00	5.075	0.77464789	2.48246659	4.96493318	0.7874	0.01275211
56	170.17	5.137	0.78873239	2.64019631	5.28039262	0.7893	0.00056761
57	170.88	5.141	0.8028169	2.65127432	5.30254864	0.8121	0.0092831
58	180.31	5.195	0.81690141	2.79750712	5.59501423	0.8272	0.01029859
59	187.13	5.232	0.83098592	2.90339983	5.80679966	0.8489	0.01791408
60	197.93	5.288	0.84507042	3.07095081	6.14190162	0.8502	0.00512958
61	198.63	5.291	0.85915493	3.08178057	6.16356114	0.8527	0.00645493
62	200.00	5.298	0.87323944	3.10308324	6.20616648	0.8555	0.01773944
63	201.52	5.306	0.88732394	3.12666667	6.25333334	0.8587	0.02862394
64	203.33	5.315	0.90140845	3.15480129	6.30960258	0.8613	0.04010845
65	204.80	5.322	0.91549296	3.17755724	6.35511447	0.8747	0.04079296
66	212.88	5.361	0.92957746	3.3029218	6.6058436	0.9118	0.01777746
67	240.36	5.482	0.94366197	3.72928544	7.45857087	0.9474	0.00373803
68	280.00	5.635	0.95774648	4.34431653	8.68863307	0.9753	0.01755352

69	336.60	5.819	0.97183099	5.22248909	10.4449782	0.9753	0.00346901
70	1000.00	6.908	0.98591549	15.5154162	31.0308324	1	0.01408451

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69
Parámetros Estadísticos

Parámetros Estadísticos	
Datos (N)	70
Media (\bar{x})	115.53
Media ($\bar{x} \ln(x - x_0)$)	4.44
GDL (v)	3.58
γ	0.30
β	64.45
γ	1.7924

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Pearson tipo 3 y Parámetros Estadísticos

N°	Q	Ln(x)	P(x)	(Ln(x)- Media(LnX))^2	(Ln(x)-Media(LnX))^3	Y	X ²	G(y)	Δ
1	56.00	4.025	0.01408451	0.17637847	-0.07407444	30.9449666	61.8899332	0.0185	0.00441549
2	48.26	3.877	0.02816901	0.32344586	-0.1839511	29.7784145	59.556829	0.0263	0.00186901
3	170.17	5.137	0.04225352	0.47810084	0.33058205	39.6612323	79.3224645	0.03	0.01225352
4	94.33	4.547	0.05633803	0.01028606	0.00104321	35.033972	70.0679441	0.0321	0.02423803
5	93.26	4.535	0.07042254	0.00811561	0.00073111	34.9450895	69.8901791	0.0329	0.03752254
6	132.75	4.888	0.08450704	0.19638115	0.08702614	37.7139605	75.427921	0.0444	0.04010704
7	212.88	5.361	0.09859155	0.83796185	0.76707243	41.4175795	82.835159	0.0895	0.00909155
8	197.93	5.288	0.11267606	0.70994496	0.59818707	40.8464911	81.6929822	0.1442	0.03152394
9	88.33	4.481	0.12676056	0.00127752	4.5662E-05	34.518898	69.037796	0.1482	0.02143944
10	117.50	4.766	0.14084507	0.10308576	0.03309772	36.7565601	73.5131201	0.1536	0.01275493
11	198.63	5.291	0.15492958	0.71588966	0.60571612	40.874099	81.7481979	0.1672	0.01227042
12	43.92	3.782	0.16901408	0.43957139	-0.29143663	29.0390387	58.0780774	0.1764	0.00738592
13	180.31	5.195	0.18309859	0.56148615	0.42073494	40.1151168	80.2302336	0.1894	0.00630141
14	117.57	4.767	0.1971831	0.10346857	0.03328225	36.761231	73.5224619	0.1898	0.0073831
15	119.19	4.781	0.21126761	0.11246019	0.03771362	36.868559	73.7371179	0.2142	0.00293239
16	78.40	4.362	0.22535211	0.006979	-0.00058303	33.5834297	67.1668594	0.2203	0.00505211
17	58.45	4.068	0.23943662	0.14220671	-0.05362658	31.2811824	62.5623647	0.2295	0.00993662
18	336.60	5.819	0.25352113	1.8866924	2.5915026	45.0107238	90.0214476	0.2379	0.01562113
19	23.42	3.153	0.26760563	1.6689121	-2.15600715	24.1072264	48.2144529	0.2482	0.01940563

20	91.81	4.520	0.28169014	0.00552654	0.00041085	34.8216027	69.6432054	0.2572	0.02449014
21	96.10	4.565	0.29577465	0.01441518	0.00173073	35.180179	70.3603581	0.2795	0.01627465
22	117.63	4.768	0.30985915	0.10379707	0.03344088	36.7652324	73.5304648	0.2899	0.01995915
23	138.25	4.929	0.32394366	0.23400204	0.11319558	38.0322729	76.0645459	0.3	0.02394366
24	152.96	5.030	0.33802817	0.34204997	0.20004806	38.825244	77.6504881	0.3	0.03802817
25	50.29	3.918	0.35211268	0.27831911	-0.14682992	30.1012361	60.2024722	0.3216	0.03051268
26	170.88	5.141	0.36619718	0.48390874	0.33662409	39.6940695	79.3881391	0.3435	0.02269718
27	112.85	4.726	0.38028169	0.07881126	0.02212496	36.4402253	72.8804505	0.3436	0.03668169
28	201.52	5.306	0.3943662	0.74056793	0.63730504	40.9875002	81.9750003	0.3687	0.0256662
29	24.00	3.178	0.4084507	1.60597891	-2.03521249	24.3000844	48.6001688	0.3687	0.0397507
30	54.88	4.005	0.42253521	0.19375586	-0.08528689	30.7865281	61.5730562	0.3928	0.02973521
31	56.00	4.025	0.43661972	0.17637847	-0.07407444	30.9449666	61.8899332	0.4244	0.01221972
32	160.00	5.075	0.45070423	0.39670819	0.24986576	39.1781331	78.3562663	0.4318	0.01890423
33	90.00	4.500	0.46478873	0.00296846	0.00016173	34.6658746	69.3317493	0.4355	0.02928873
34	280.00	5.635	0.47887324	1.41482351	1.68288098	43.5668861	87.1337723	0.4778	0.00107324
35	152.00	5.024	0.49295775	0.33472526	0.19365679	38.7758686	77.5517372	0.5417	0.04874225
36	20.80	3.035	0.50704225	1.98915222	-2.80544674	23.1778247	46.3556493	0.5516	0.04455775
37	72.00	4.277	0.52112676	0.02844618	-0.00479773	32.9158848	65.8317696	0.562	0.04087324
38	64.00	4.159	0.53521127	0.08204958	-0.02350253	31.9921785	63.984357	0.5702	0.03498873
39	98.53	4.590	0.54929577	0.02102927	0.00304955	35.3758593	70.7517186	0.576	0.02670423
40	40.00	3.689	0.56338028	0.57221147	-0.43284743	28.3062034	56.6124069	0.5856	0.02221972
41	22.64	3.120	0.57746479	1.75723607	-2.32940586	23.8425911	47.6851823	0.5981	0.02063521
42	41.50	3.726	0.5915493	0.51773242	-0.37252725	28.5956707	57.1913413	0.5984	0.0068507

43	26.06	3.261	0.6056338	1.40368235	-1.66304216	24.9470952	49.8941904	0.6502	0.0445662
44	66.97	4.204	0.61971831	0.0581202	-0.01401169	32.3479247	64.6958494	0.6647	0.04498169
45	204.80	5.322	0.63380282	0.76861662	0.67385221	41.1141184	82.2282368	0.6833	0.04949718
46	23.84	3.171	0.64788732	1.6229772	-2.06761001	24.2476264	48.4952528	0.6835	0.03561268
47	64.00	4.159	0.66197183	0.08204958	-0.02350253	31.9921785	63.984357	0.6838	0.02182817
48	200.00	5.298	0.67605634	0.72759416	0.62063149	40.928123	81.8562459	0.6897	0.01364366
49	1000.00	6.908	0.69014085	6.06355764	14.9310815	53.5500425	107.100085	0.7108	0.02065915
50	240.36	5.482	0.70422535	1.07497857	1.1145504	42.3697236	84.7394472	0.7361	0.03187465
51	71.02	4.263	0.71830986	0.03327395	-0.00606955	32.8080393	65.6160786	0.7525	0.03419014
52	150.00	5.011	0.73239437	0.31959965	0.18067973	38.672168	77.3443359	0.7834	0.05100563
53	109.46	4.696	0.74647887	0.06261662	0.01566875	36.2010284	72.4020567	0.7881	0.04162113
54	42.51	3.750	0.76056338	0.48373181	-0.3364395	28.7841084	57.5682167	0.7904	0.02983662
55	39.41	3.674	0.77464789	0.59504416	-0.45901175	28.1890025	56.378005	0.8059	0.03125211
56	38.96	3.662	0.78873239	0.61289506	-0.47982092	28.0989314	56.1978628	0.8259	0.03716761
57	46.60	3.842	0.8028169	0.36439815	-0.2199704	29.5044703	59.0089406	0.8272	0.0243831
58	47.26	3.856	0.81690141	0.34761786	-0.20495245	29.6147564	59.2295128	0.8433	0.02639859
59	53.72	3.984	0.83098592	0.21307709	-0.09835697	30.6184986	61.2369973	0.8538	0.02281408
60	61.01	4.111	0.84507042	0.11178975	-0.03737688	31.6164726	63.2329452	0.8686	0.02352958
61	43.97	3.783	0.85915493	0.43810406	-0.28997857	29.0477243	58.0954485	0.8695	0.01034507
62	61.00	4.111	0.87323944	0.11185827	-0.03741125	31.6156691	63.2313382	0.8713	0.00193944
63	98.49	4.590	0.88732394	0.02090872	0.00302337	35.3725952	70.7451904	0.8731	0.01422394
64	125.00	4.828	0.90140845	0.14667956	0.05617646	37.2421479	74.4842958	0.8753	0.02610845
65	72.50	4.284	0.91549296	0.02615967	-0.00423105	32.970158	65.940316	0.8771	0.03839296

66	203.33	5.315	0.92957746	0.75606608	0.65741504	41.057753	82.115506	0.8862	0.04337746
67	49.17	3.895	0.94366197	0.30262121	-0.16647501	29.9243844	59.8487689	0.9113	0.03236197
68	187.13	5.232	0.95774648	0.61854686	0.48647318	40.4064925	80.8129849	0.9363	0.02144648
69	32.50	3.481	0.97183099	0.92946177	-0.89608105	26.6778043	53.3556086	0.9584	0.01343099
70	51.27	3.937	0.98591549	0.25835394	-0.13131751	30.2523935	60.5047871	0.998	0.01208451

PARAMETROS ESTADISTICOS

DATOS(N)	$(\bar{x} \ln X)$	S(Lnx)	Cs Lnx	X_0	β	γ	ν
70	4.445	0.74611	0.34	0.0795	0.1275	34.2385	68.4771

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov para la distribución Log Gumbel.

N°	Q	P(x)	Ln(x)	$(\ln x - \bar{x}^* \cdot \ln x)^2$	Y	Δ
1	56.00	0.01408451	4.02535169	0.17637847	-0.14465929	0.0123
2	48.26	0.02816901	3.87660306	0.32344586	-0.40037294	0.024
3	170.17	0.04225352	5.13677443	0.47810084	1.76598664	0.0366
4	94.33	0.05633803	4.54674627	0.01028606	0.7516697	0.0497
5	93.26	0.07042254	4.53541274	0.00811561	0.73218624	0.0634
6	132.75	0.08450704	4.88847519	0.19638115	1.33913562	0.0710
7	212.88	0.09859155	5.36072863	0.83796185	2.15098612	0.0460
8	197.93	0.11267606	5.28790838	0.70994496	2.02580089	0.0030
9	88.33	0.12676056	4.48106848	0.00127752	0.63876307	0.0061
10	117.50	0.14084507	4.76639578	0.10308576	1.129269	0.0135
11	198.63	0.15492958	5.29142869	0.71588966	2.03185266	0.0104
12	43.92	0.16901408	3.78232426	0.43957139	-0.56244755	0.0127
13	180.31	0.18309859	5.19464986	0.56148615	1.86548025	0.0102
14	117.57	0.1971831	4.76699137	0.10346857	1.13029289	0.0237
15	119.19	0.21126761	4.78067691	0.11246019	1.15381968	0.0063
16	78.40	0.22535211	4.36178566	0.006979	0.43370408	0.0125
17	58.45	0.23943662	4.06822301	0.14220671	-0.07095924	0.0146
18	336.60	0.25352113	5.81889528	1.8866924	2.93862005	0.0179
19	23.42	0.26760563	3.15346225	1.6689121	-1.64352372	0.0186
20	91.81	0.28169014	4.51966676	0.00552654	0.70511735	0.0212
21	96.10	0.29577465	4.56538932	0.01441518	0.78371895	0.0068
22	117.63	0.30985915	4.7675016	0.10379707	1.13117002	0.0076
23	138.25	0.32394366	4.92906364	0.23400204	1.40891119	0.0091
24	152.96	0.33802817	5.03017645	0.34204997	1.58273414	0.0232
25	50.29	0.35211268	3.91776648	0.27831911	-0.32960894	0.0103
26	170.88	0.36619718	5.14096156	0.48390874	1.77318473	0.0025
27	112.85	0.38028169	4.7260595	0.07881126	1.05992694	0.0115
28	201.52	0.3943662	5.30588863	0.74056793	2.05671073	0.0047
29	24.00	0.4084507	3.17805383	1.60597891	-1.60124836	0.0094
30	54.88	0.42253521	4.00514898	0.19375586	-0.17938975	0.005
31	56.00	0.43661972	4.02535169	0.17637847	-0.14465929	0.0272

32	160.00	0.45070423	5.07517382	0.39670819	1.66008908	0.0215
33	90.00	0.46478873	4.49980967	0.00296846	0.67098104	0.0116
34	280.00	0.47887324	5.6347896	1.41482351	2.62212412	0.0441
35	152.00	0.49295775	5.02388052	0.33472526	1.57191081	0.0968
36	20.80	0.50704225	3.03495299	1.98915222	-1.8472529	0.0927
37	72.00	0.52112676	4.27666612	0.02844618	0.28737514	0.0890
38	64.00	0.53521127	4.15888308	0.08204958	0.08489442	0.0830
39	98.53	0.54929577	4.59034077	0.02102927	0.82661298	0.0747
40	40.00	0.56338028	3.68887945	0.57221147	-0.72308844	0.07
41	22.64	0.57746479	3.11971825	1.75723607	-1.701533	0.0679
42	41.50	0.5915493	3.72578981	0.51773242	-0.65963588	0.054
43	26.06	0.6056338	3.26055505	1.40368235	-1.45942057	0.0884
44	66.97	0.61971831	4.20424476	0.0581202	0.16287564	0.0874
45	204.80	0.63380282	5.32203389	0.76861662	2.08446604	0.0899
46	23.84	0.64788732	3.17136484	1.6229772	-1.61274739	0.0761
47	64.00	0.66197183	4.15888308	0.08204958	0.08489442	0.0622
48	200.00	0.67605634	5.29831737	0.72759416	2.04369497	0.0534
49	1000.00	0.69014085	6.90775528	6.06355764	4.81047839	0.0576
50	240.36	0.70422535	5.4821378	1.07497857	2.35970053	0.0652
51	71.02	0.71830986	4.26291459	0.03327395	0.2637349	0.0648
52	150.00	0.73239437	5.01065752	0.31959965	1.54917916	0.0762
53	109.46	0.74647887	4.69555919	0.06261662	1.00749387	0.066
54	42.51	0.76056338	3.74981775	0.48373181	-0.61832946	0.0537
55	39.41	0.77464789	3.67393501	0.59504416	-0.74877943	0.0522
56	38.96	0.78873239	3.66244992	0.61289506	-0.76852344	0.054
57	46.60	0.8028169	3.84167207	0.36439815	-0.46042278	0.041
58	47.26	0.81690141	3.8557348	0.34761786	-0.43624755	0.0396
59	53.72	0.83098592	3.98372332	0.21307709	-0.21622259	0.0338
60	61.01	0.84507042	4.11097632	0.11178975	0.00253794	0.0313
61	43.97	0.85915493	3.78343177	0.43810406	-0.56054363	0.018
62	61.00	0.87323944	4.11087386	0.11185827	0.00236181	0.0052
63	98.49	0.88732394	4.58992456	0.02090872	0.82589747	0.0074
64	125.00	0.90140845	4.82831374	0.14667956	1.23571212	0.0197
65	72.50	0.91549296	4.28358656	0.02615967	0.29927207	0.0325
66	203.33	0.92957746	5.31484667	0.75606608	2.07211048	0.0395
67	49.17	0.94366197	3.89521589	0.30262121	-0.36837565	0.0338

68	187.13	0.95774648	5.23180356	0.61854686	1.92935115	0.0278
69	32.50	0.97183099	3.48124009	0.92946177	-1.0800411	0.0234
70	51.27	0.98591549	3.93704077	0.25835394	-0.29647453	0.006

PARAMETROS ESTADISTICOS

DATOS (N°)	$\bar{x} * \ln x$	$s * \ln x$	α	μ
70	4.445	0.5566	0.5817	4.1095

Fuente: Elaboración propia

MODELAMIENTO HIDRÁULICO

**UNIDIMENSIONAL
HEC RAS
SIN DIQUES**

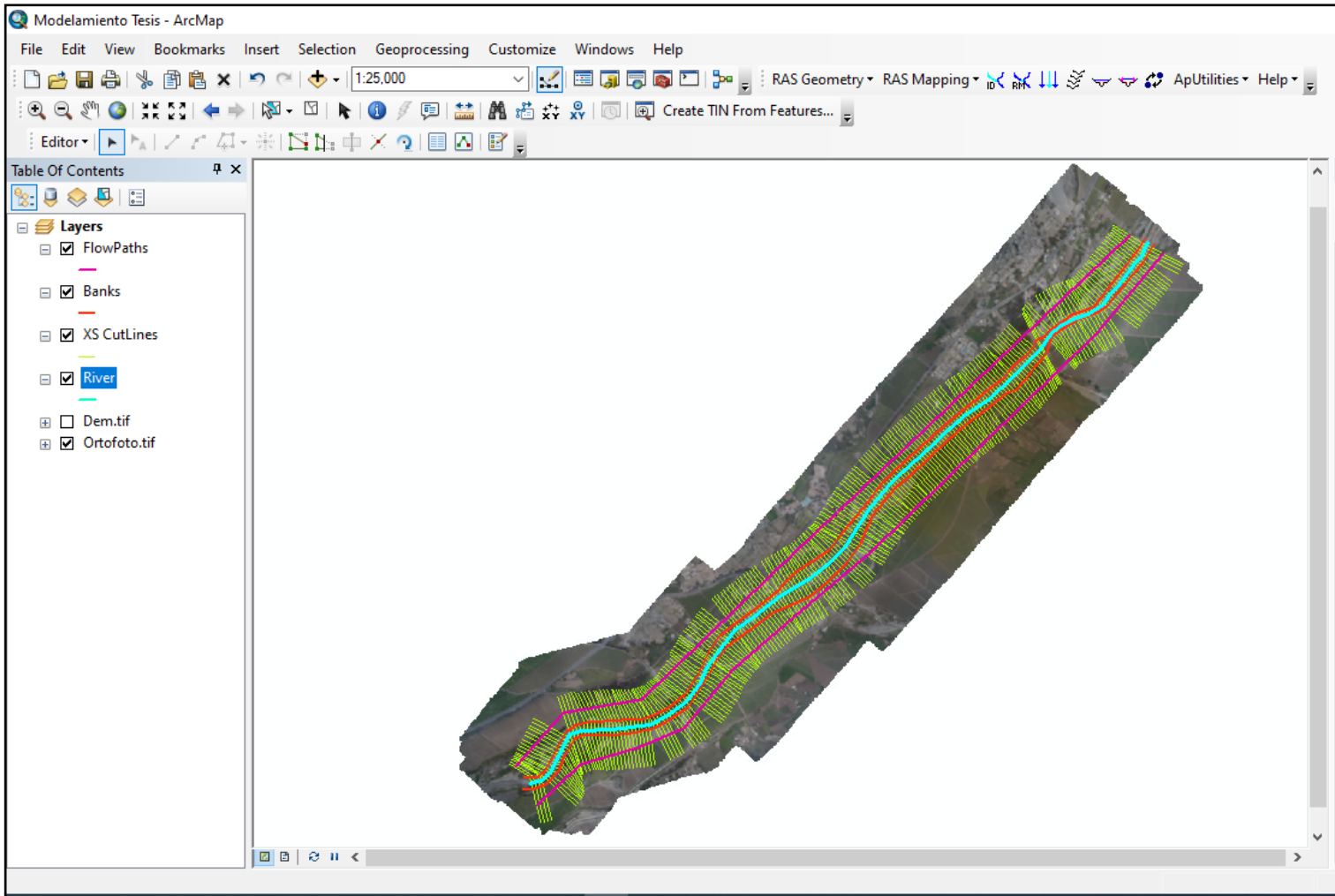


Figura 32 Creación de geometría en ArcGIS (Eje de Río, bancos, planicie de inundación, secciones)

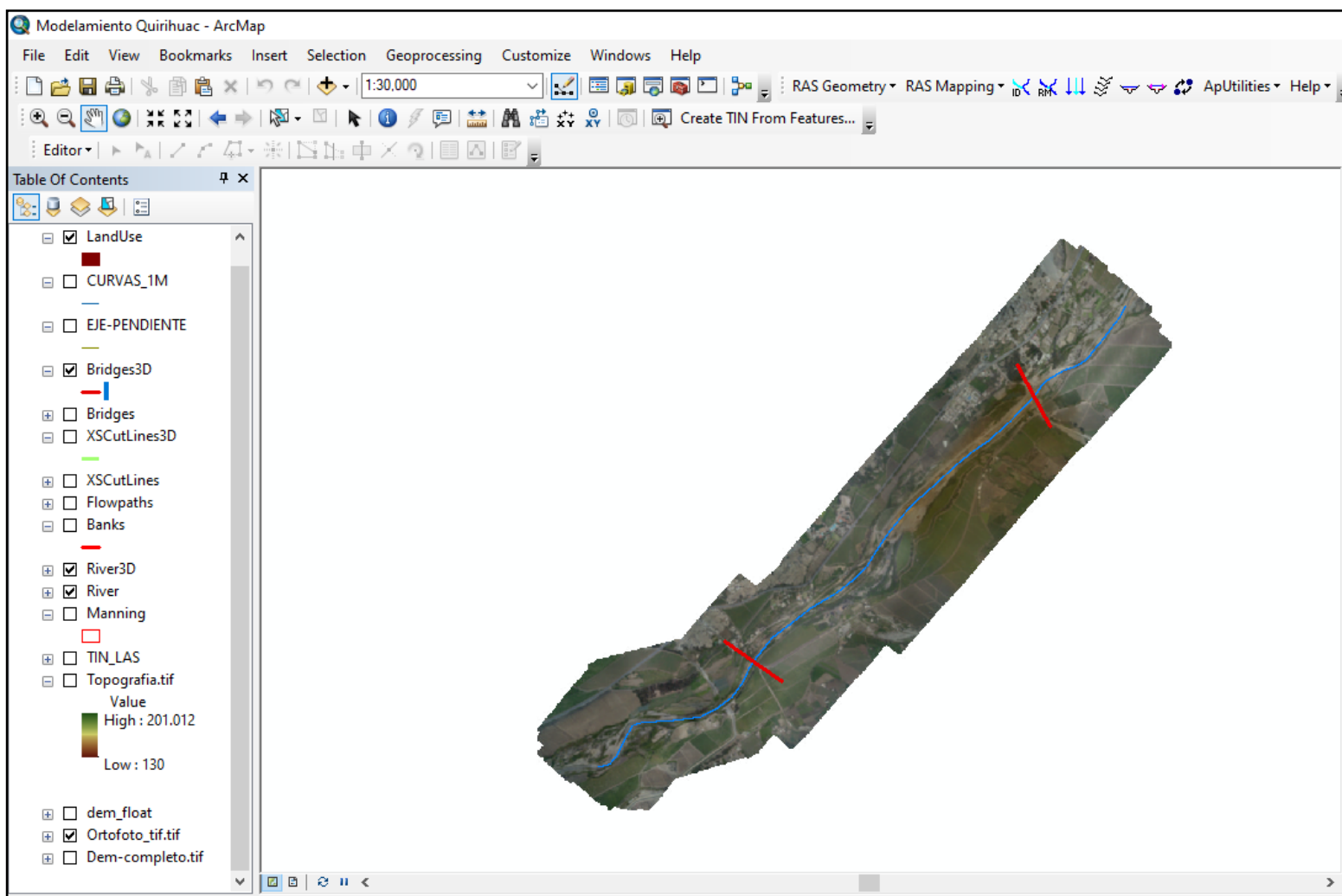


Figura 33 Ubicación de los puentes en ArcGis

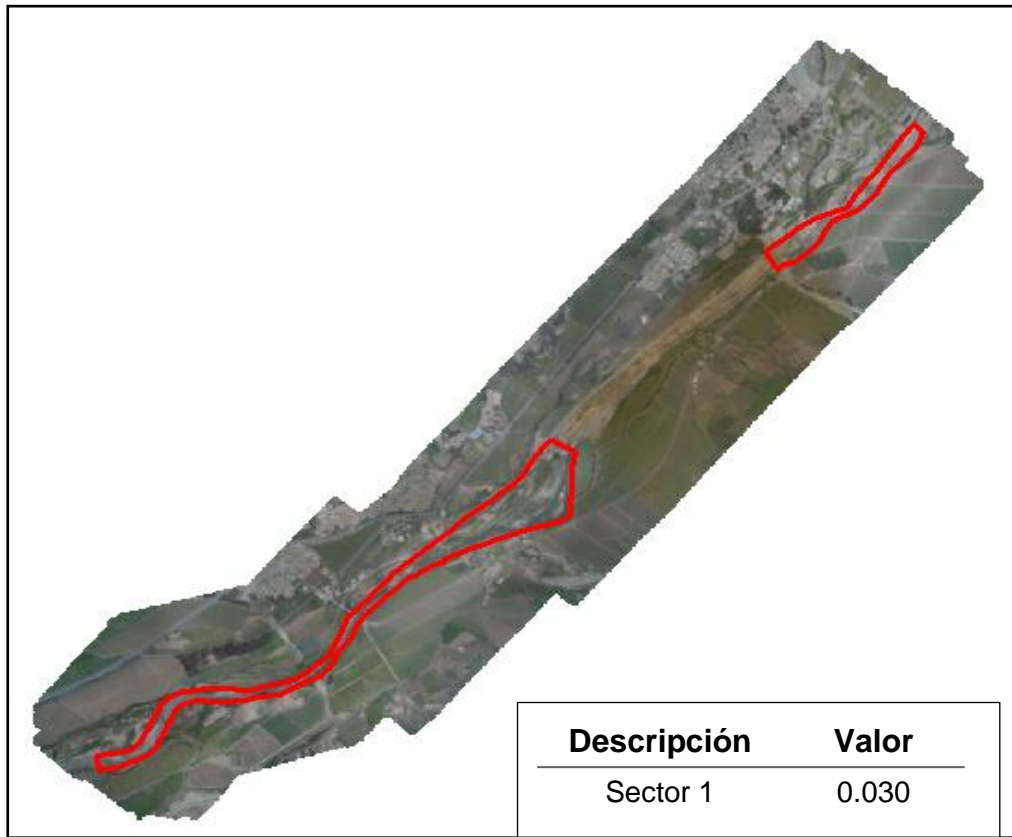


Figura 34 Valores de Manning Sector 1



Figura 35 Valores de Manning Sector 2



Figura 36 Valores de Manning Sector 3

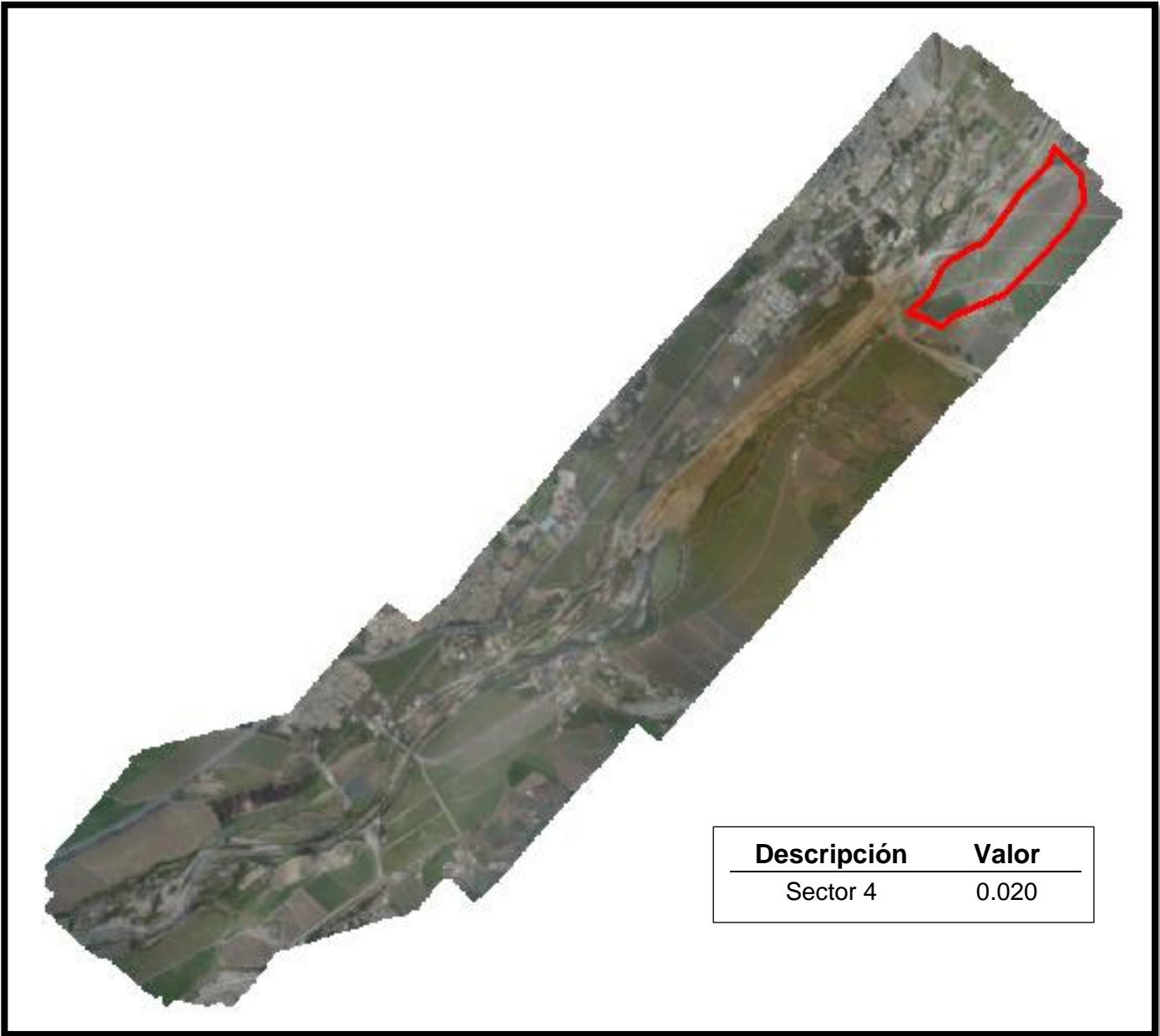


Figura 37 Valores de Manning Sector 4

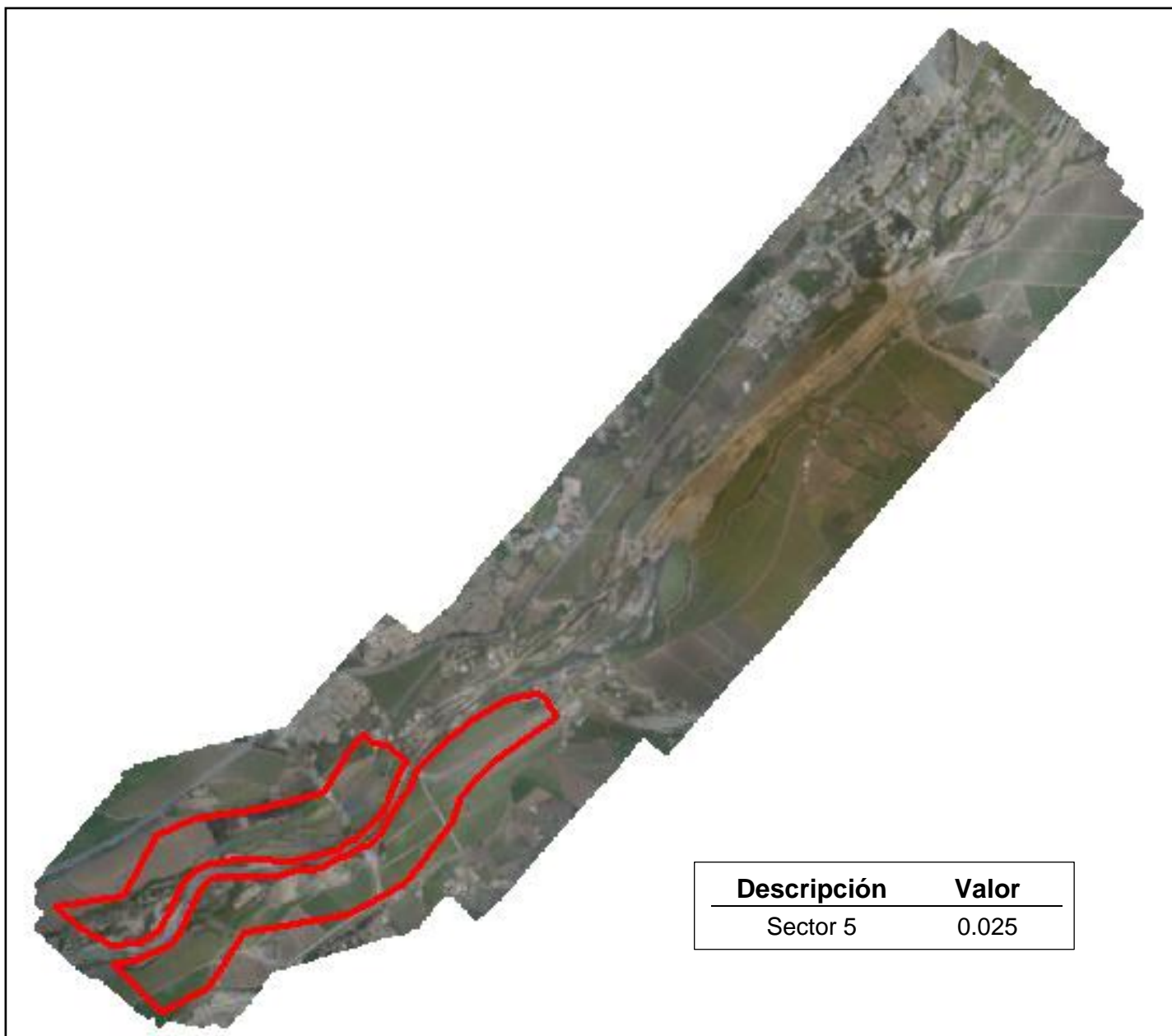


Figura 38 Valores de Manning Sector 5



Figura 39 Valores de Manning Sector 6



Figura 40 Valores de Manning Sector 7

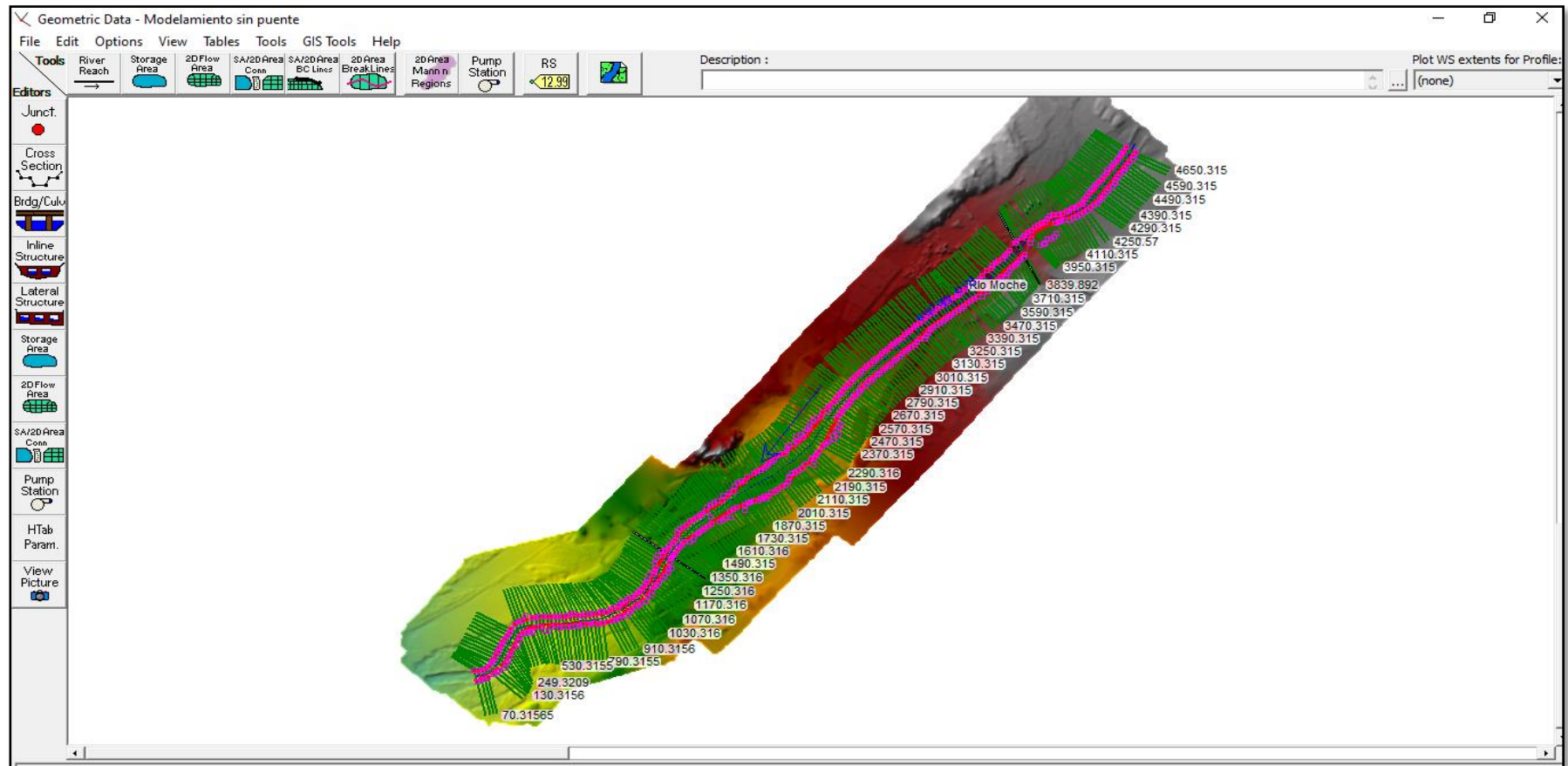


Figura 41 Importamos la geometría de ArcGIS

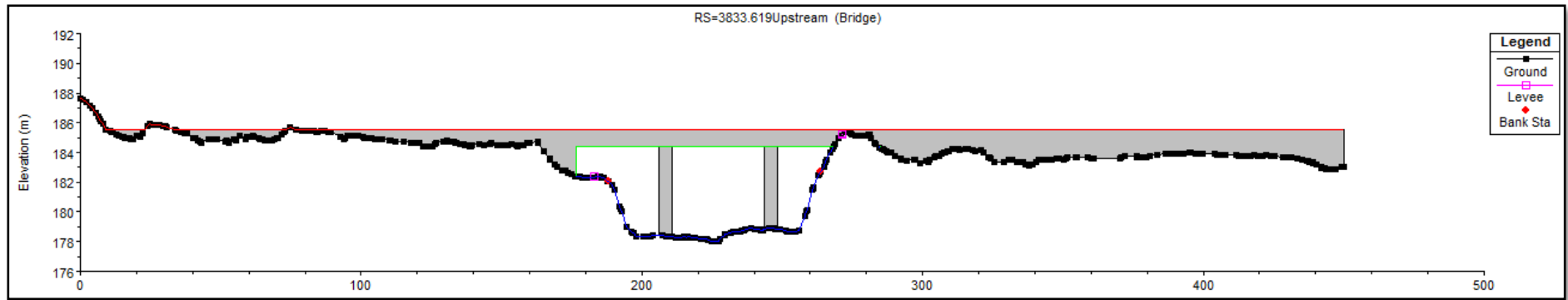


Figura 42 Modelo aguas arriba Puente Quirihuac en HEC RAS

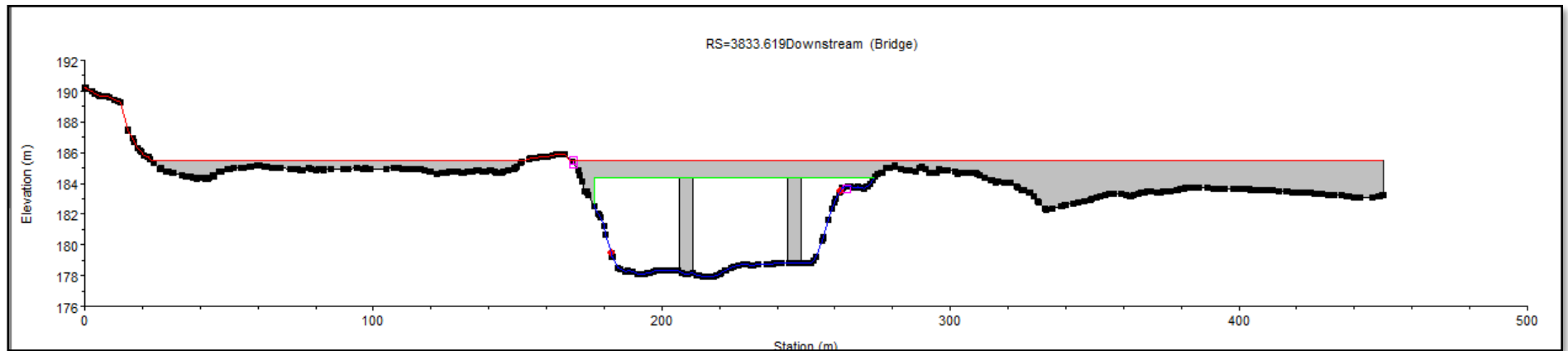


Figura 43 Modelo aguas abajo Puente Quirihuac en HEC RAS

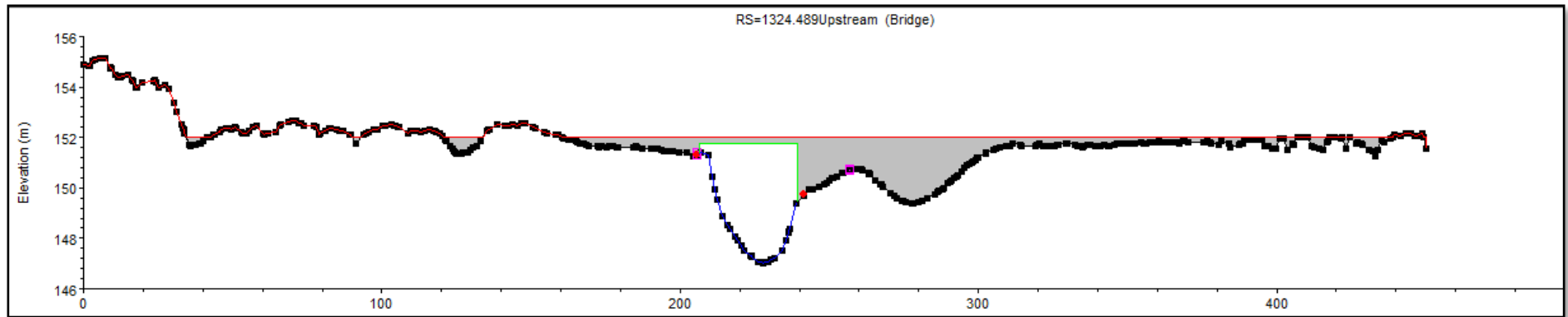


Figura 44 Modelo aguas arriba Puente Fierro en HEC RAS

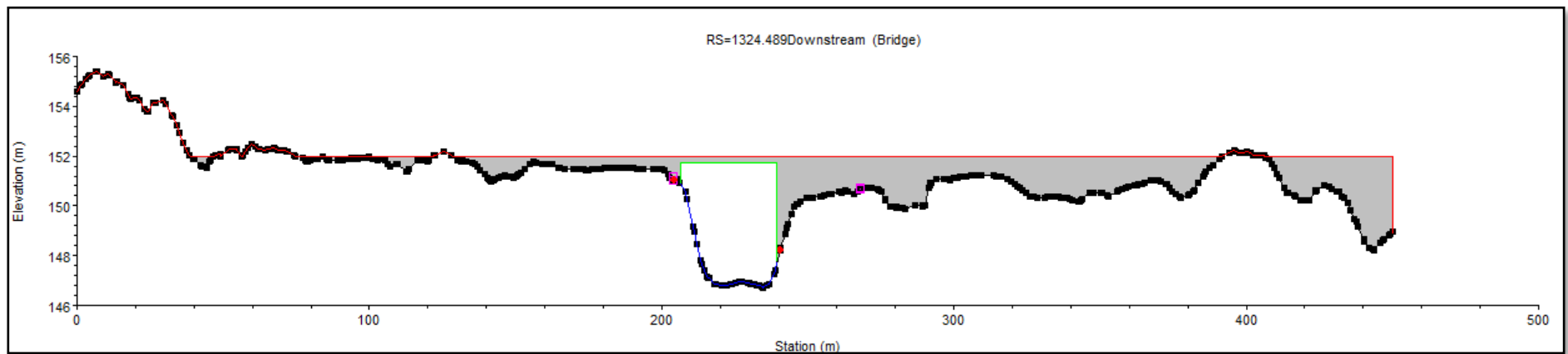


Figura 45 Modelo aguas abajo Puente Fierro en HEC RAS

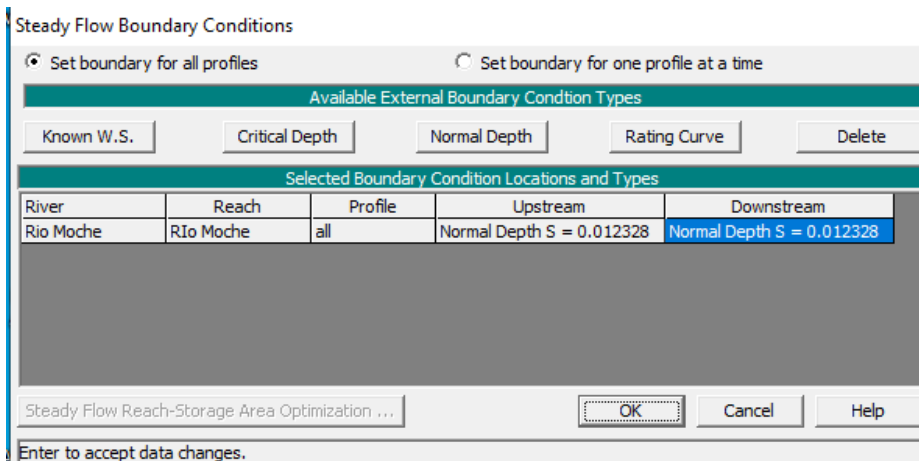


Figura 46 Condiciones de Borde

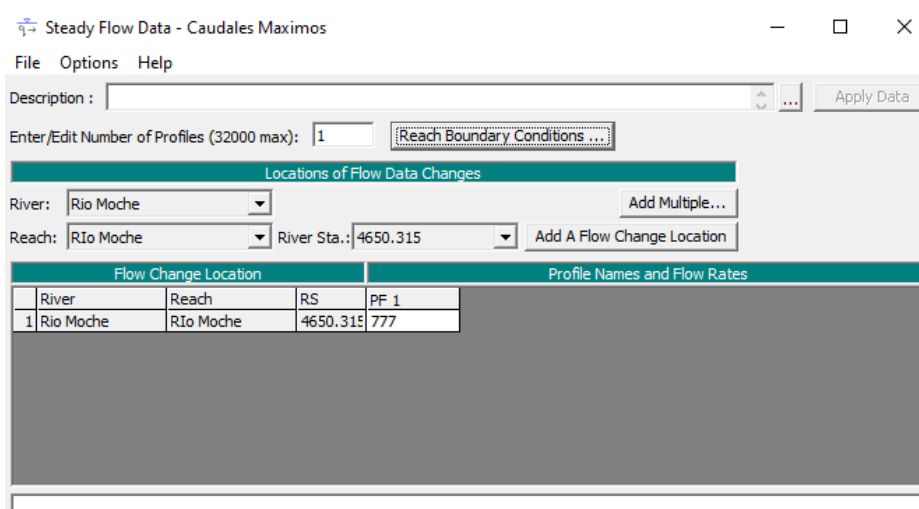


Figura 47 Caudal Requerido

**UNIDIMENSIONAL
HEC RAS
CON DIQUES**

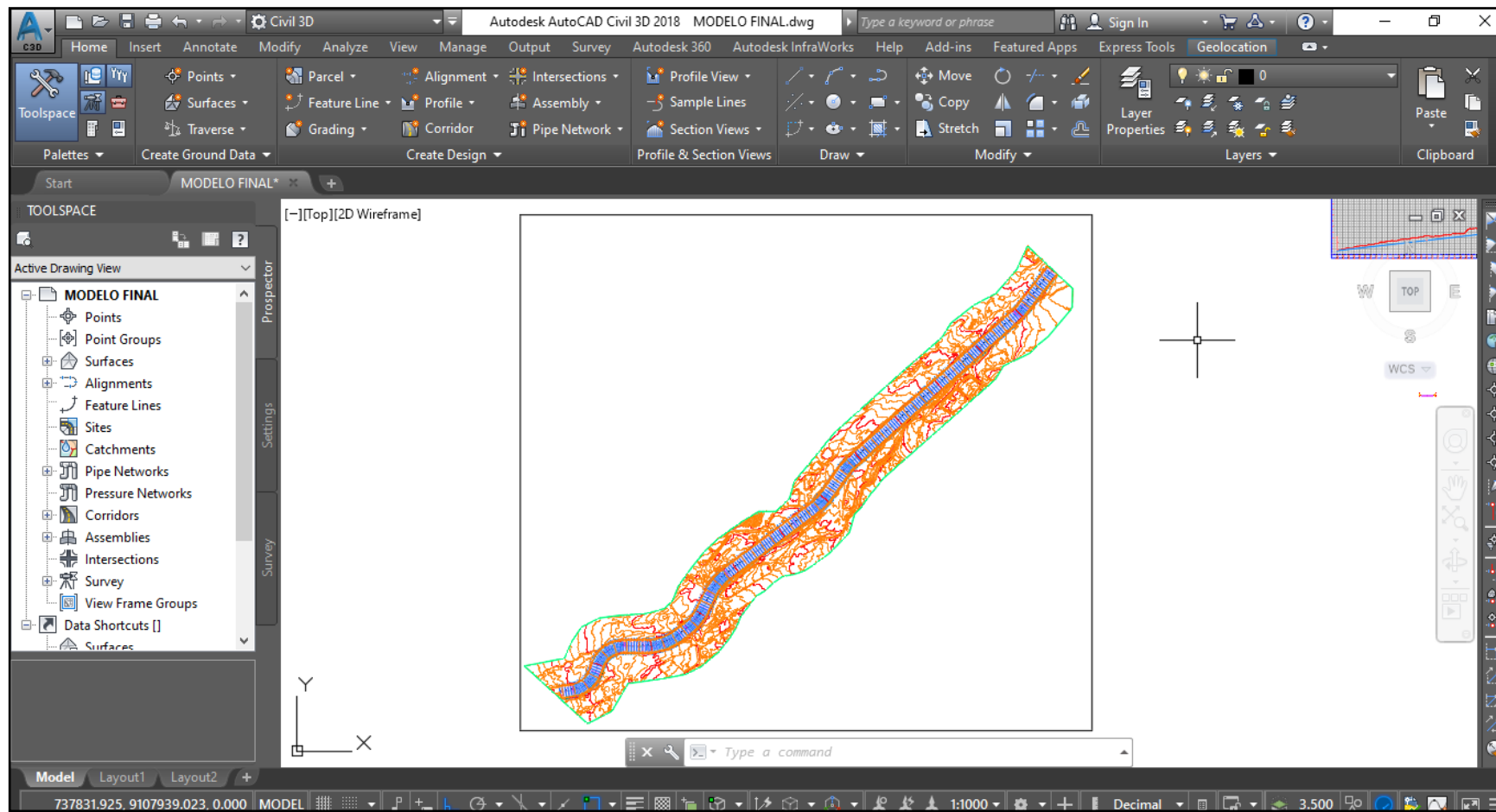


Figura 48 Vista de la topografía con los diques diseñados insertados

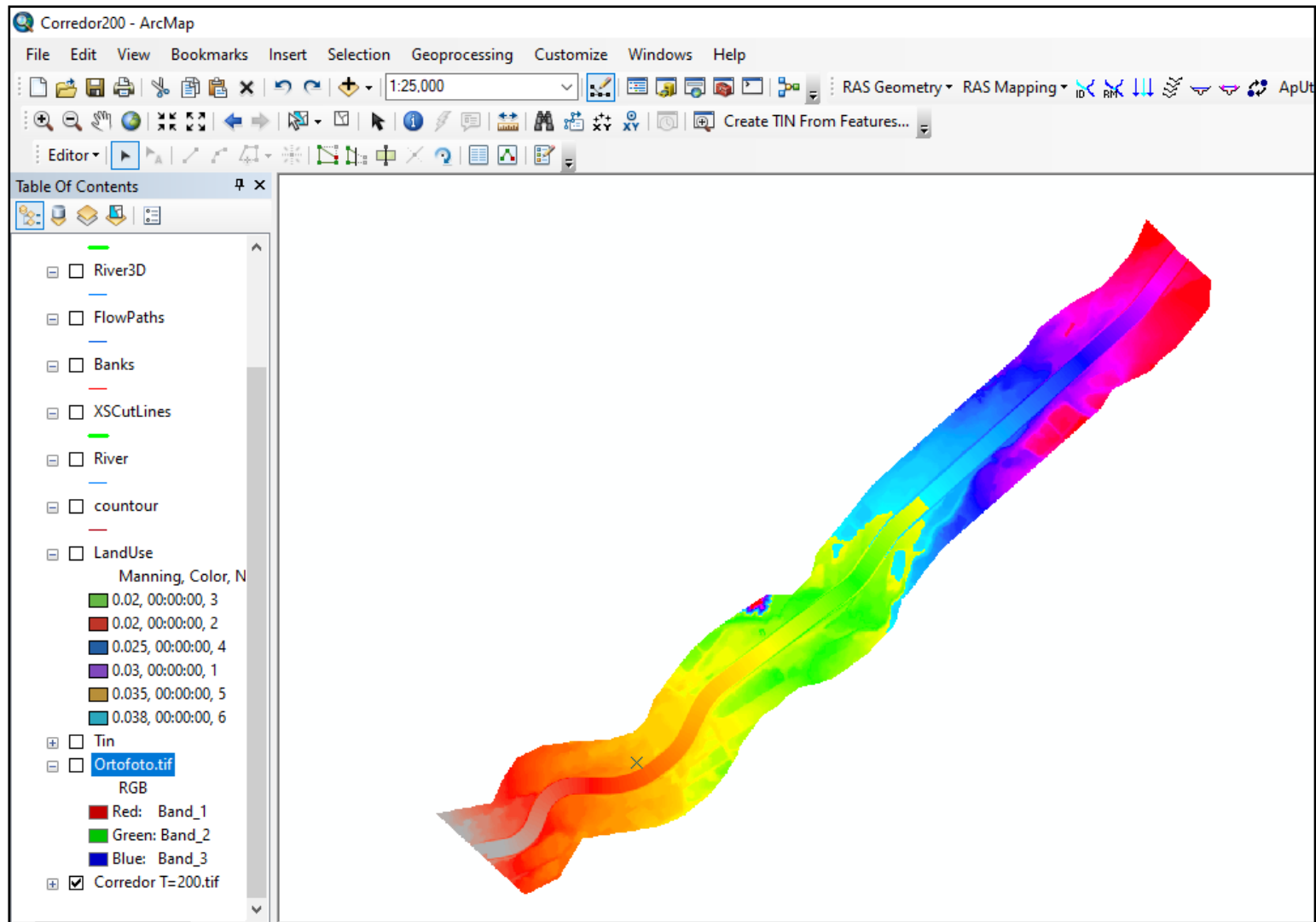


Figura 49 Generación del DEM con los diques

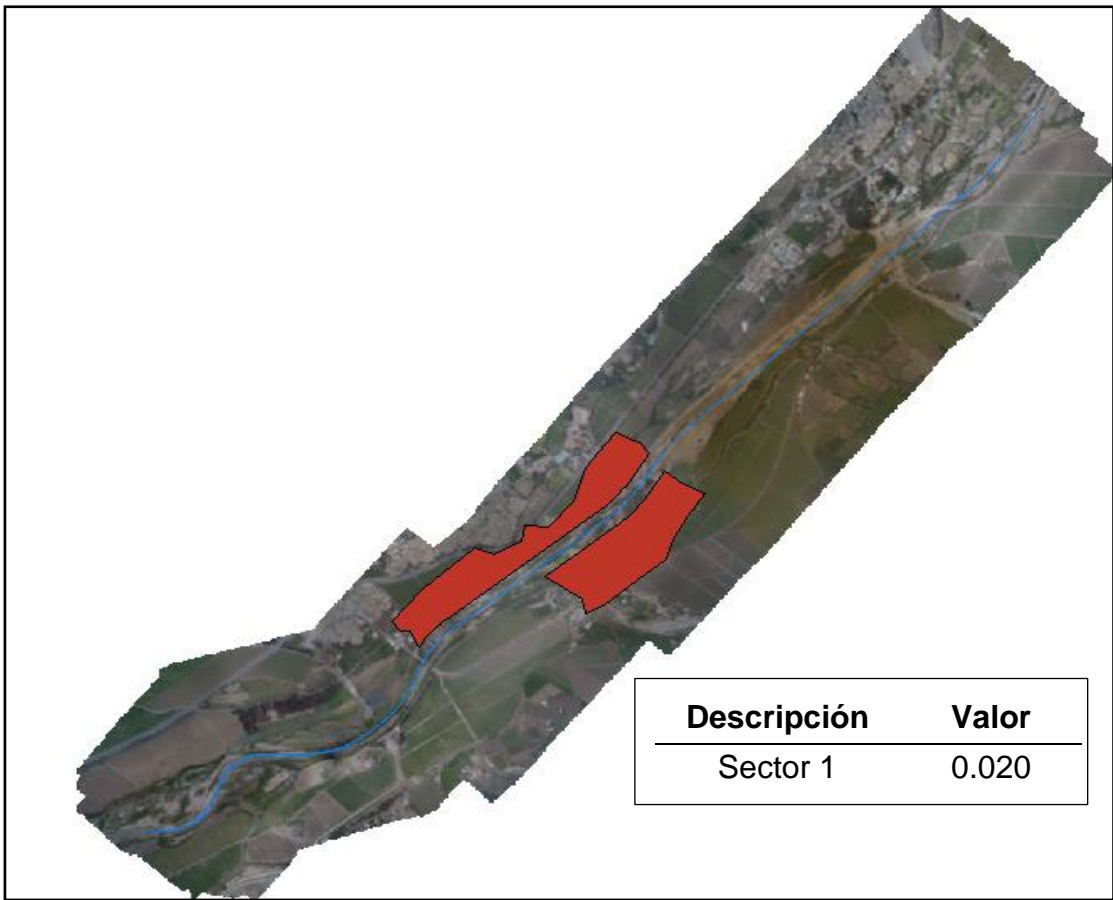


Figura 50 Valores de Manning Sector 1



Figura 51 Valores de Manning Sector 2



Figura 52 Valores de Manning Sector 3

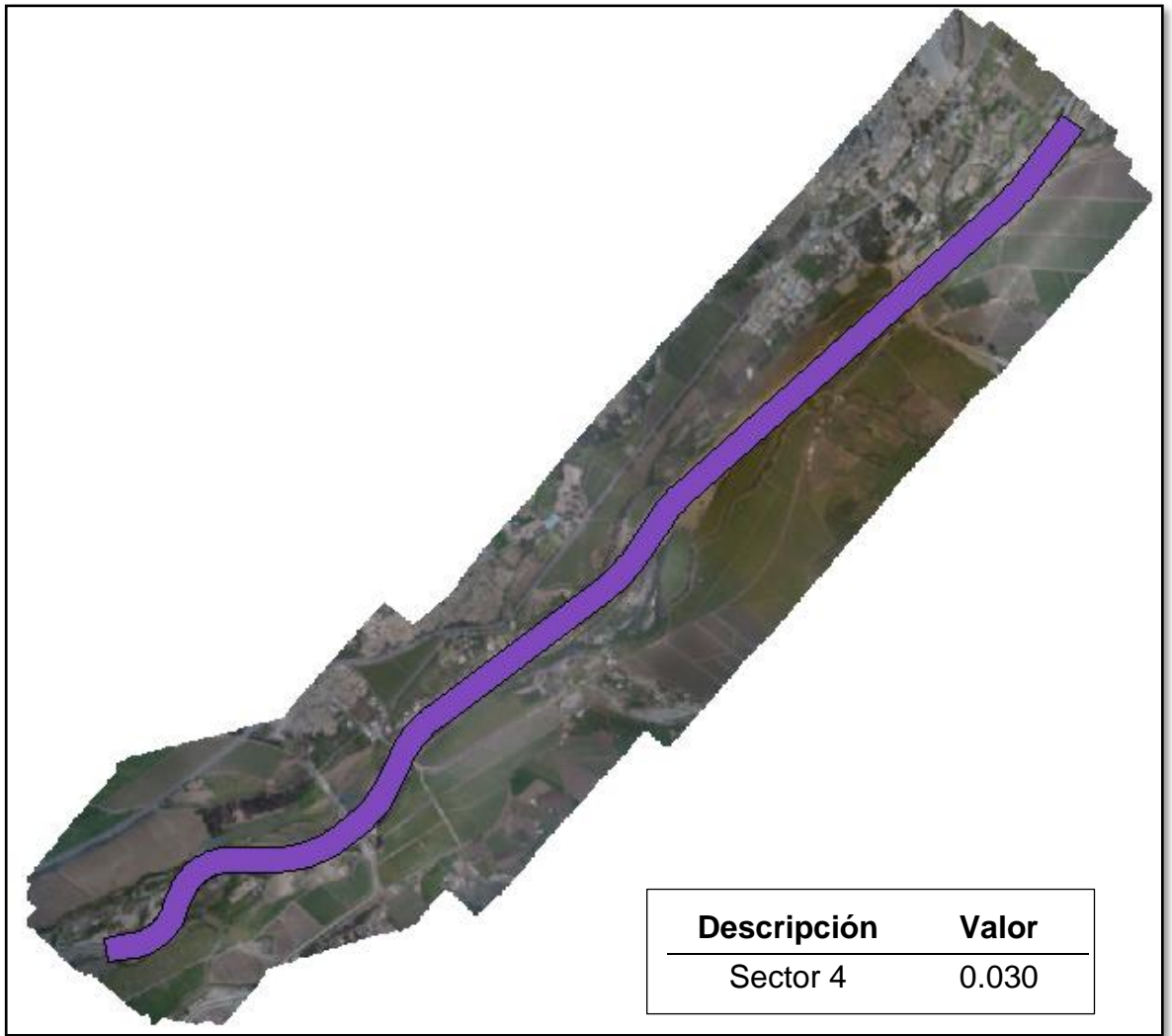


Figura 53 Valores de Manning Sector 4



Figura 54 Valores de Manning Sector 7

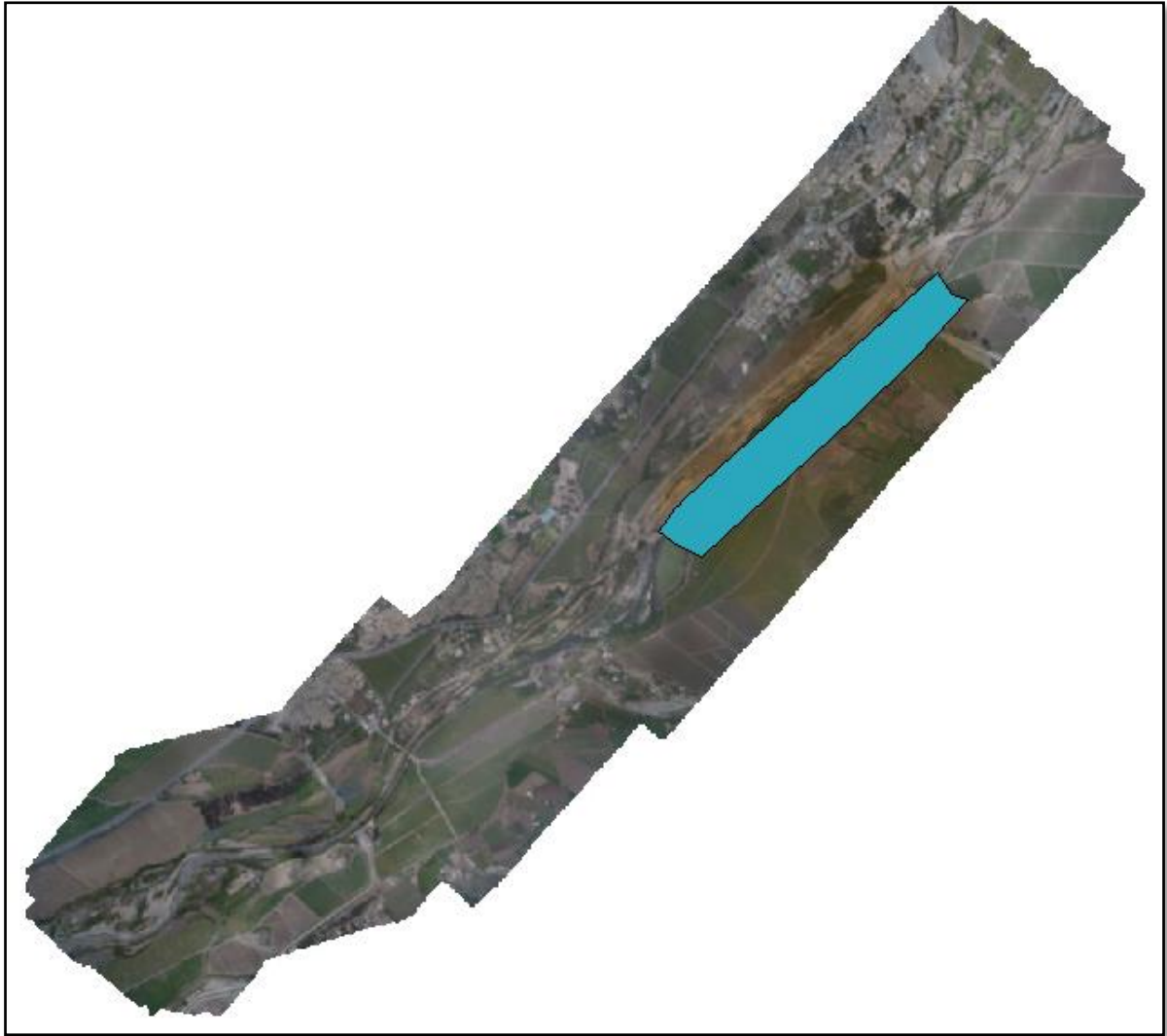


Figura 55 Valores de Manning Sector 6

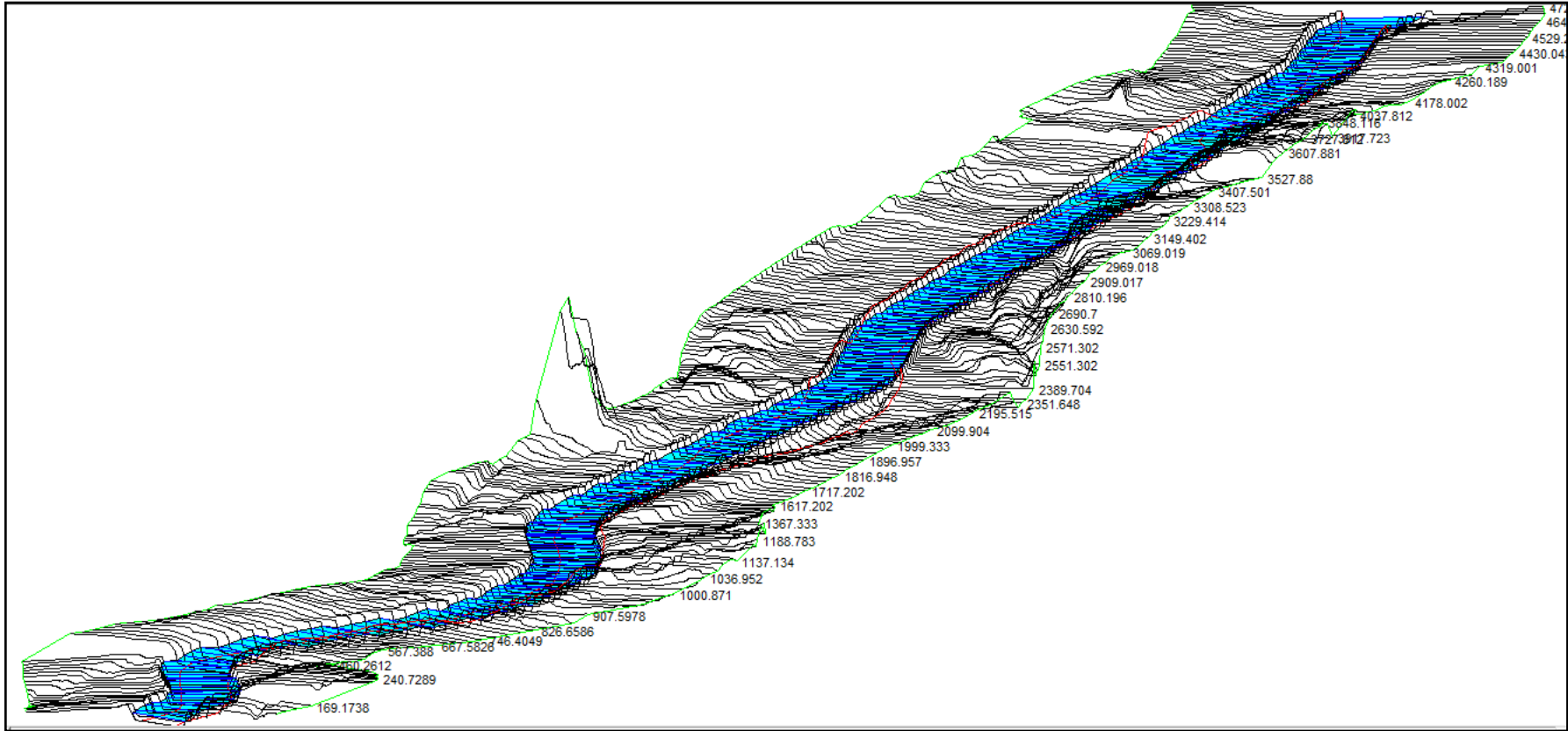


Figura 56 Calado en 3D con Diques Diseñados

**BIDIMENSIONAL
IBER**

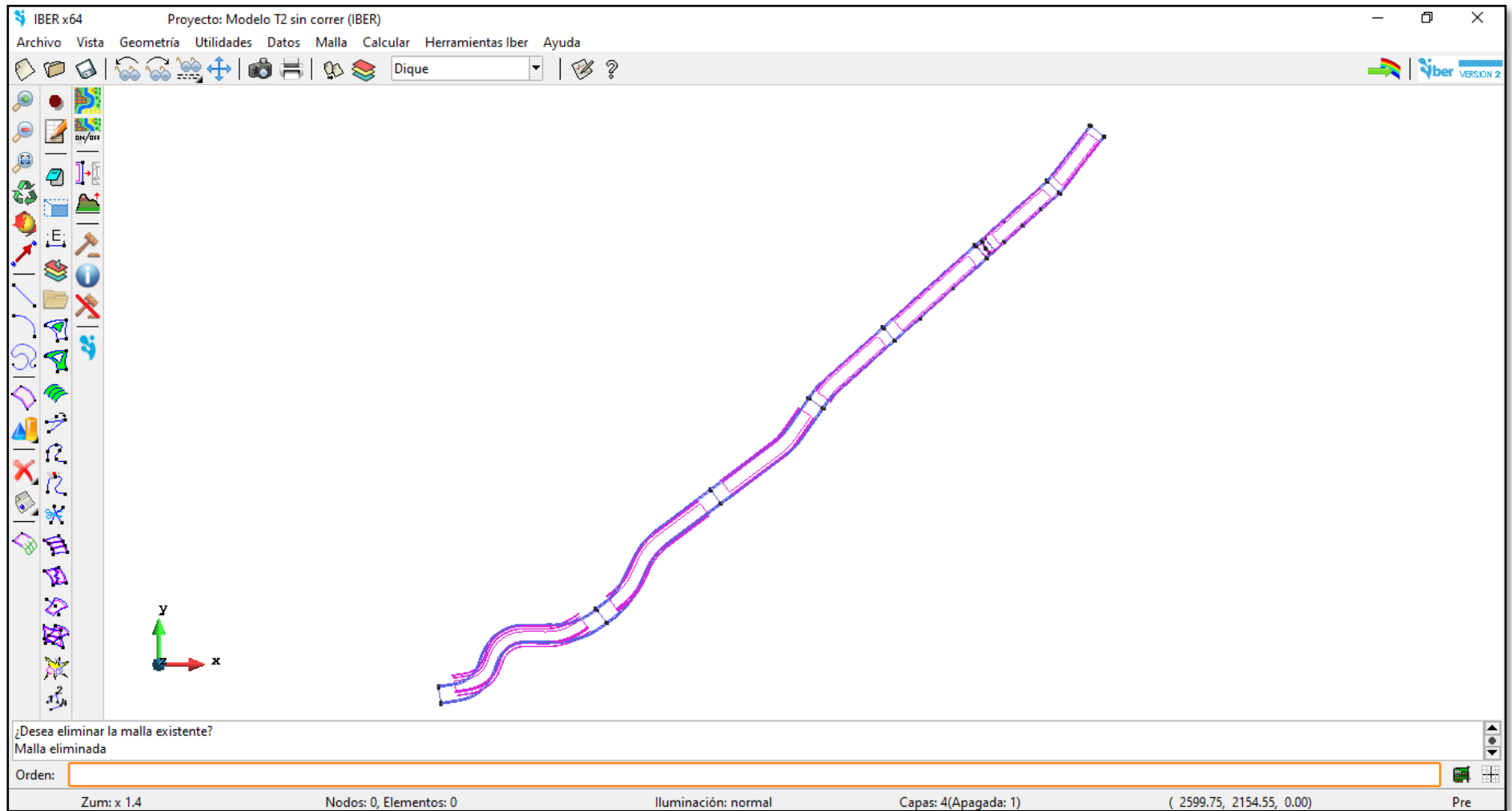


Figura 57 Creación de las Superficies

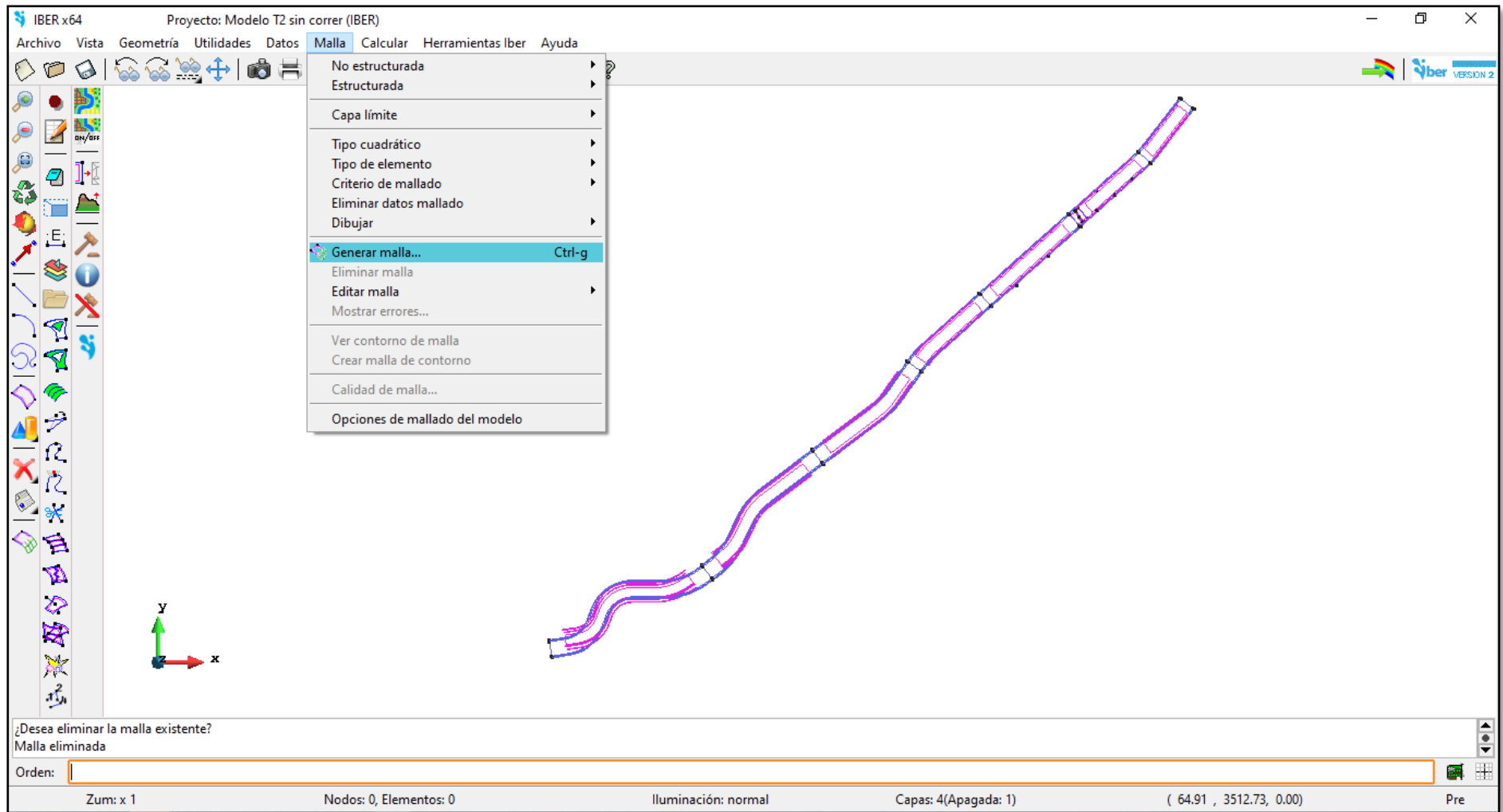


Figura 58 Generación de la Malla en el Iber

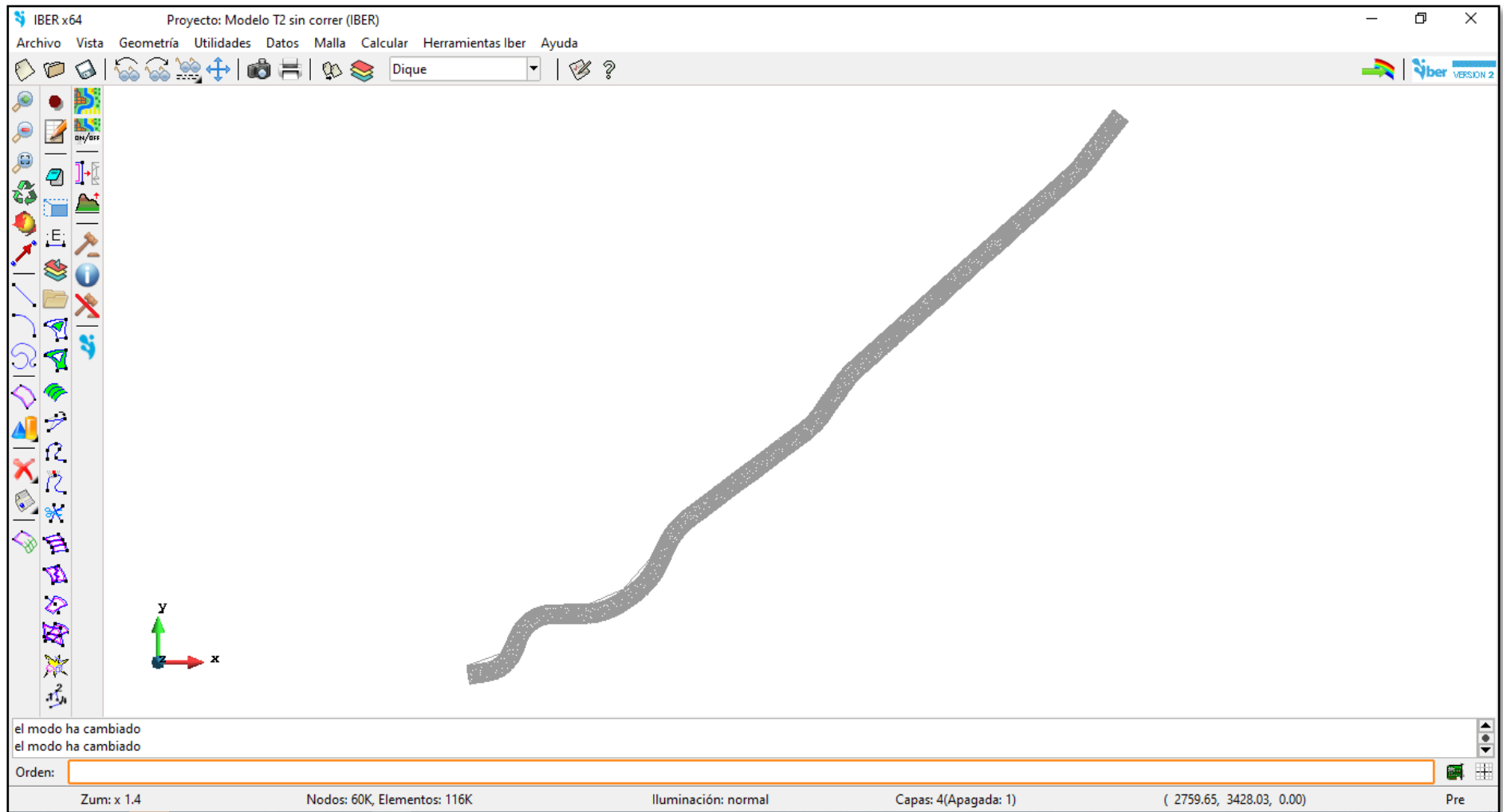


Figura 59 Vista Previa de la Malla Generada

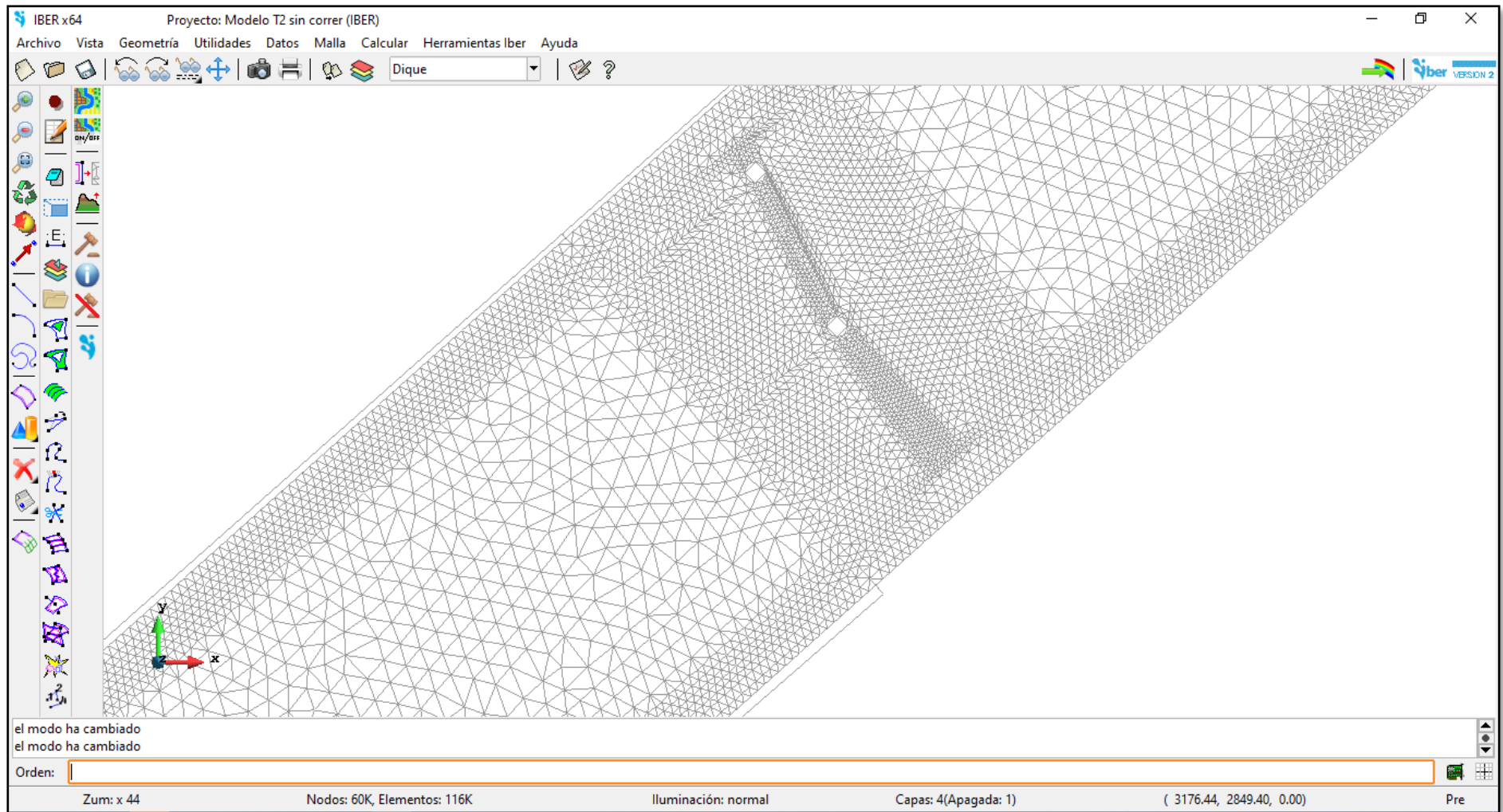


Figura 60 Refine de la Malla en Pilares del Puente

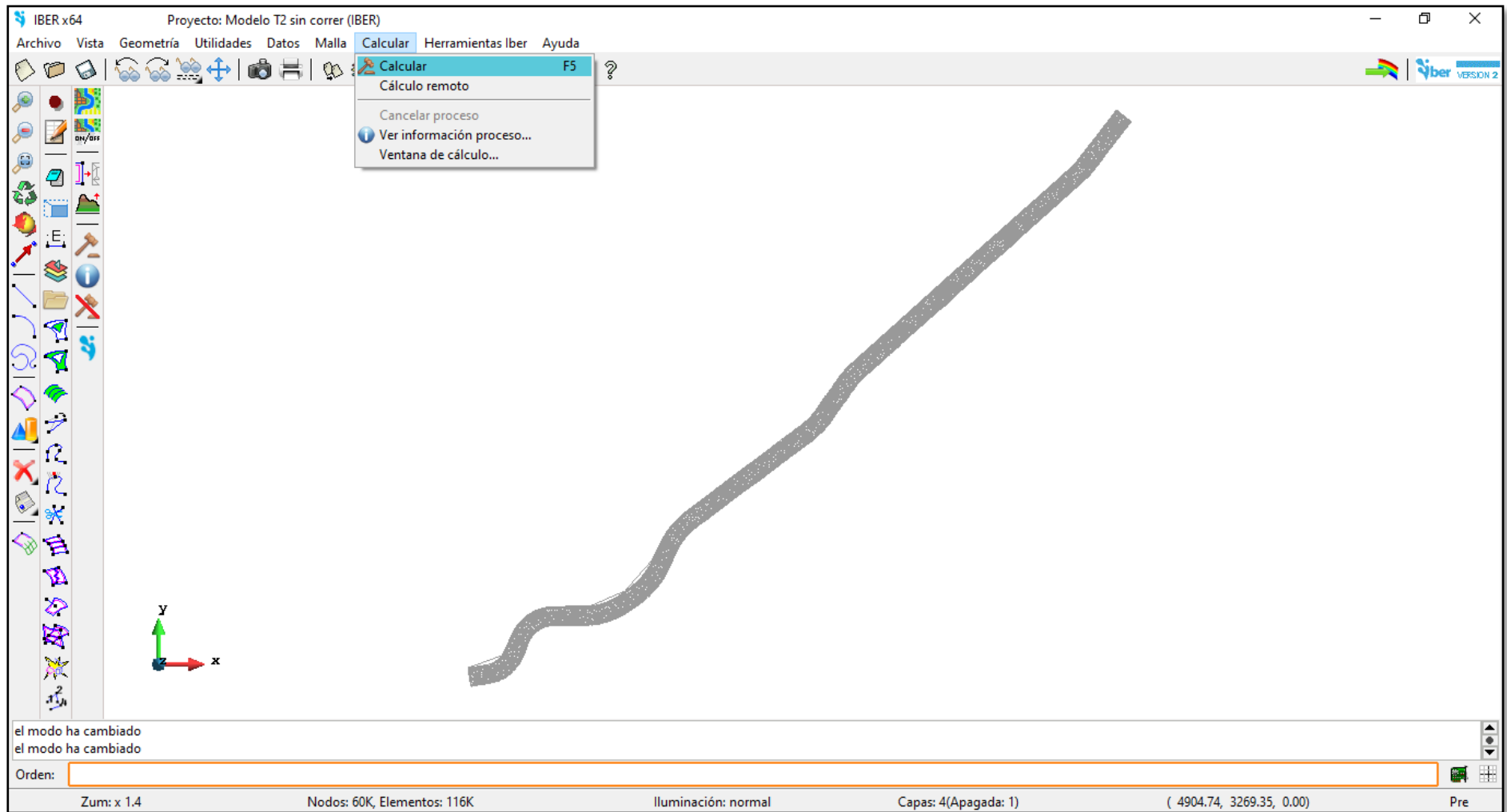
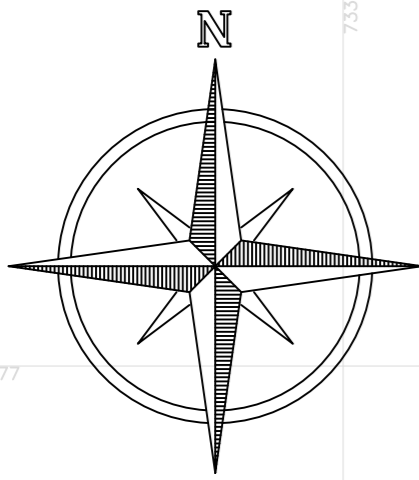




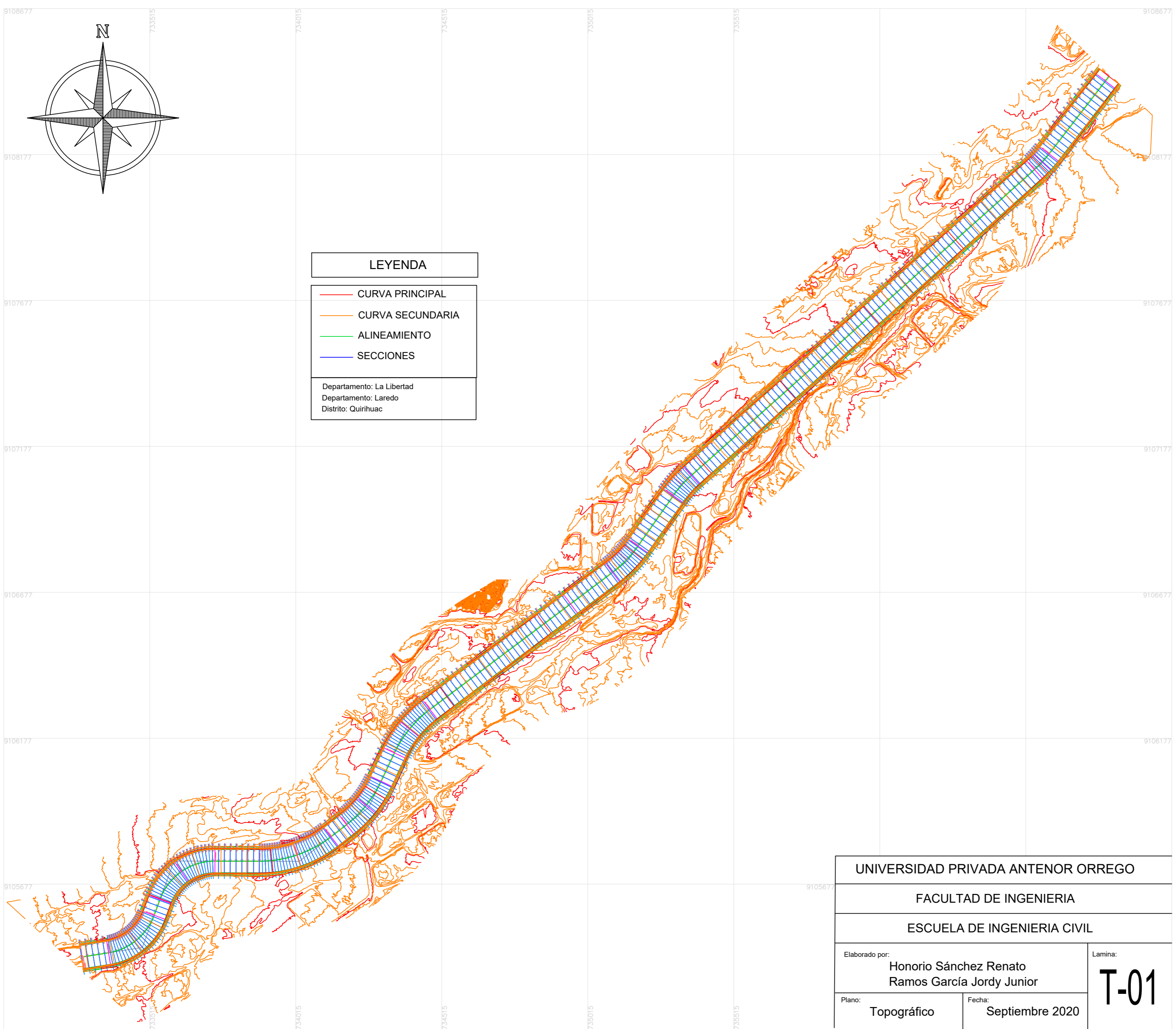


Figura 61 Corrida del Modelo en Iber

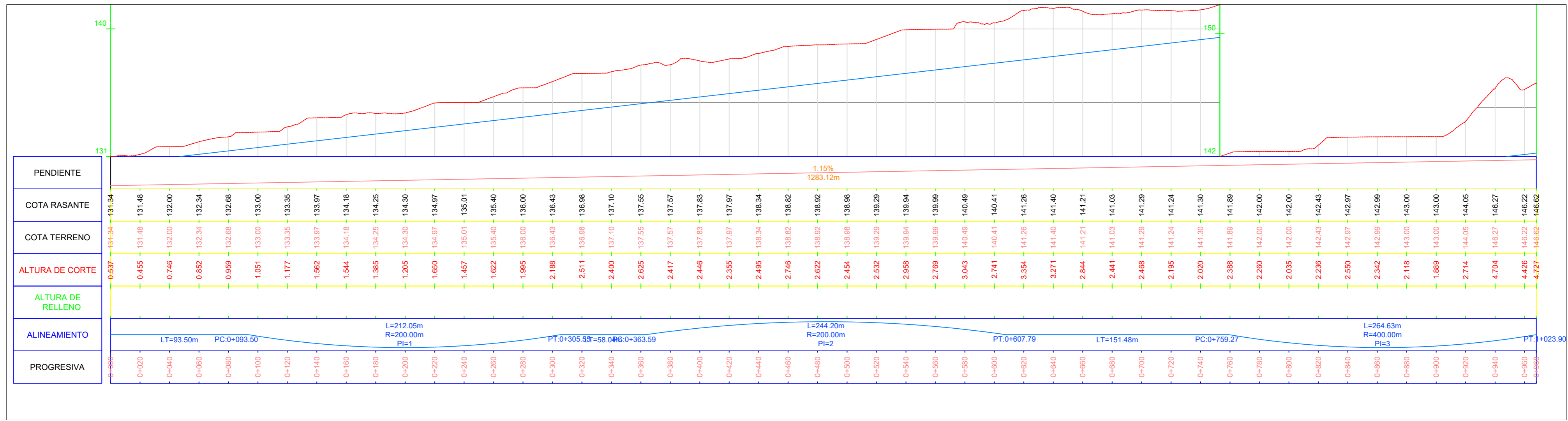
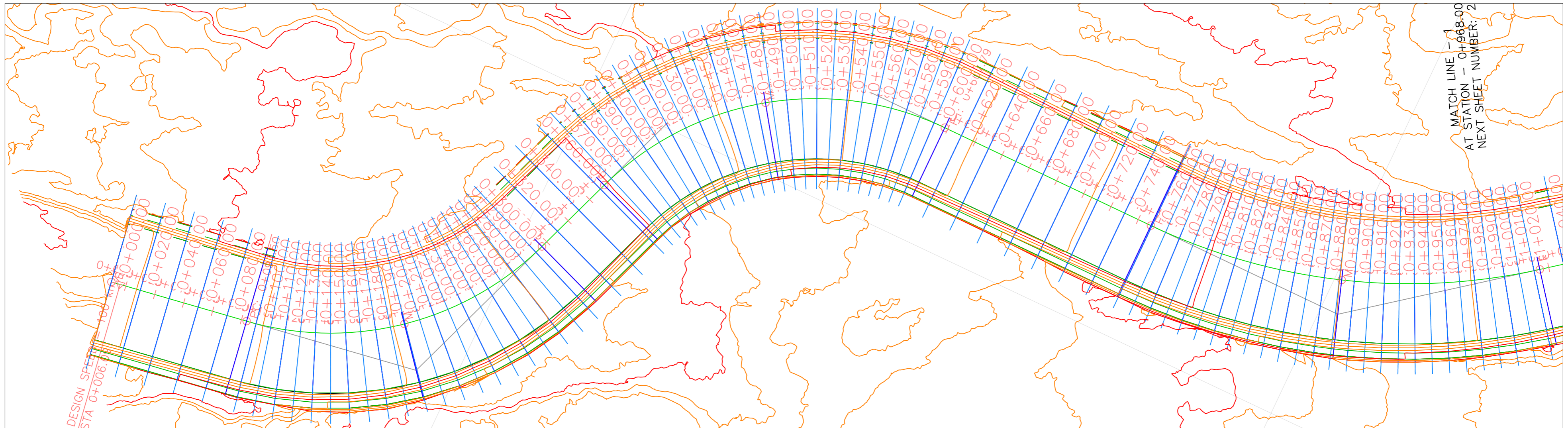
PLANOS



LEYENDA	
	CURVA PRINCIPAL
	CURVA SECUNDARIA
	ALINEAMIENTO
	SECCIONES
Departamento: La Libertad Departamento: Laredo Distrito: Quirihuaac	



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO		
FACULTAD DE INGENIERIA		
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		
Elaborado por:	Honorio Sánchez Renato Ramos García Jordy Junior	Lamina:
Plano:	Topográfico	Fecha:
		Septiembre 2020
		T-01



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

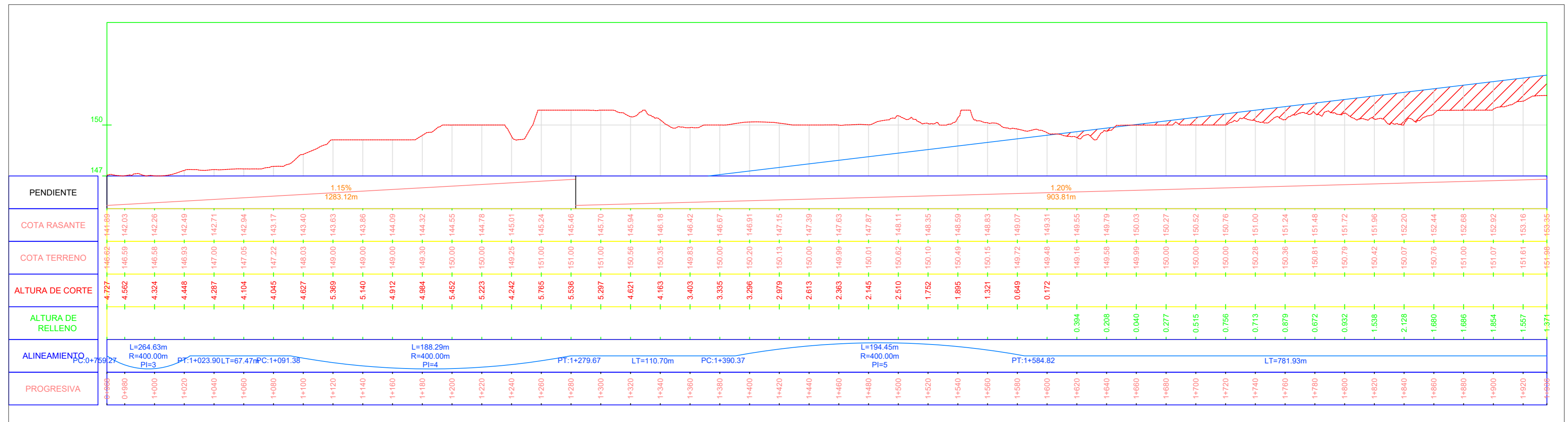
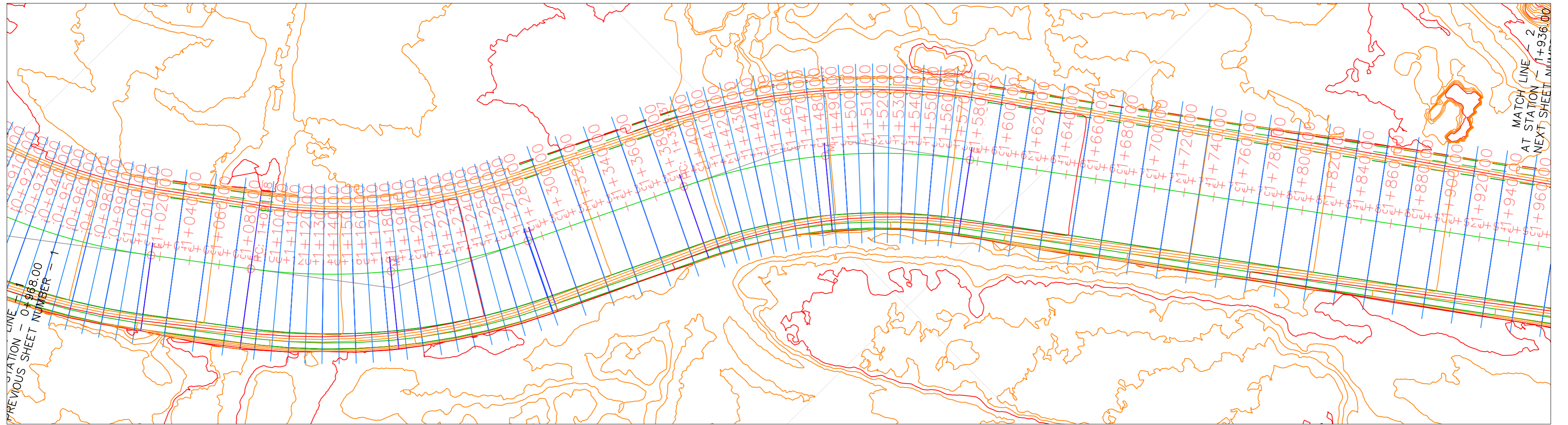
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado po:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:2000

P-01



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

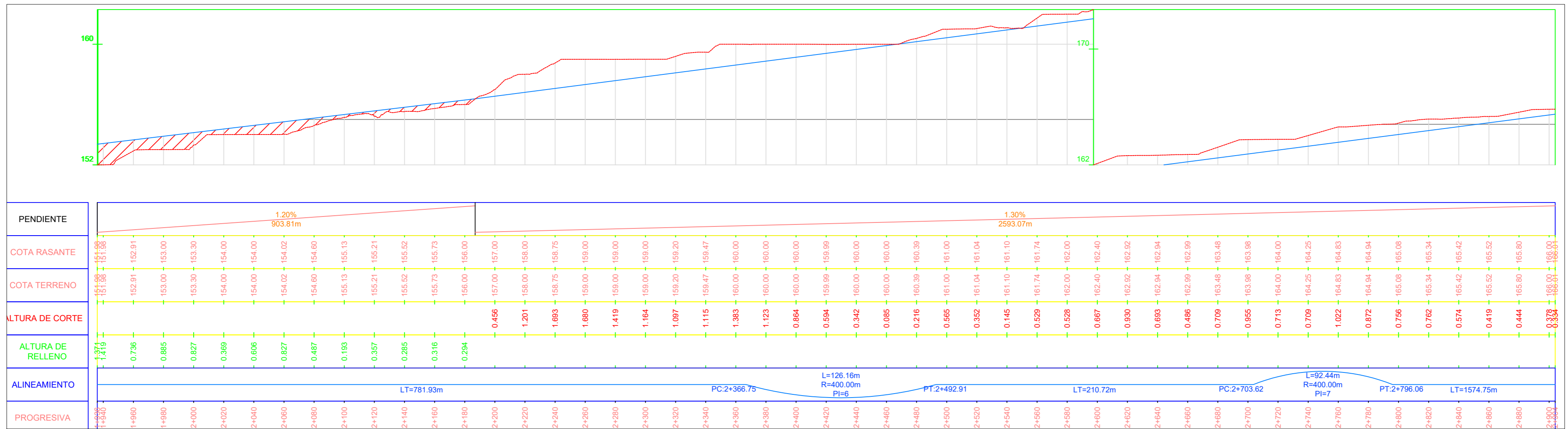
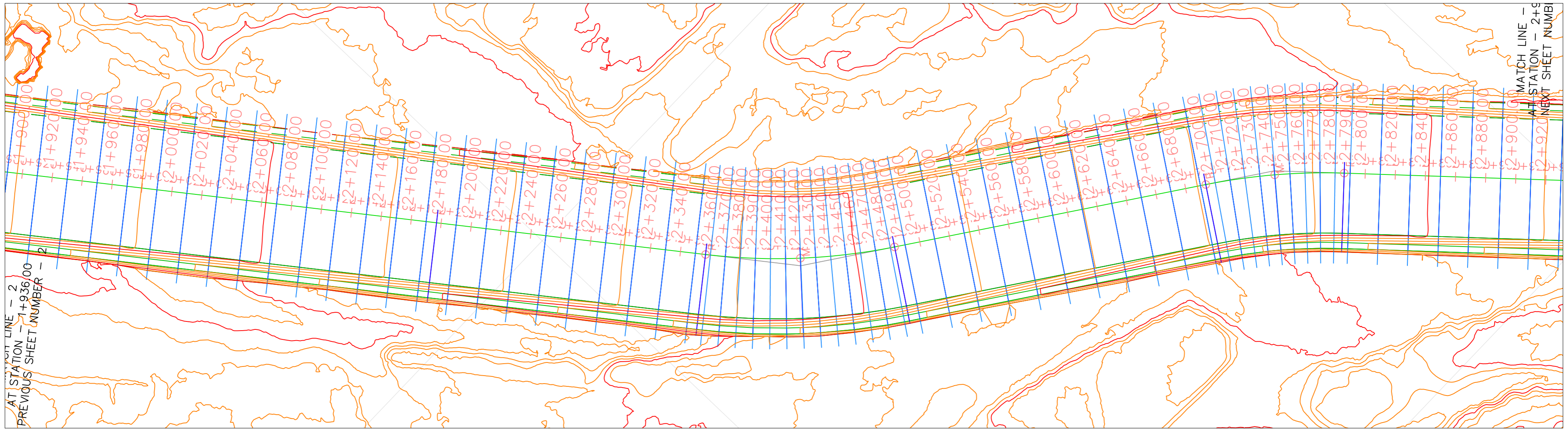
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado po:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:2000

P-02



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

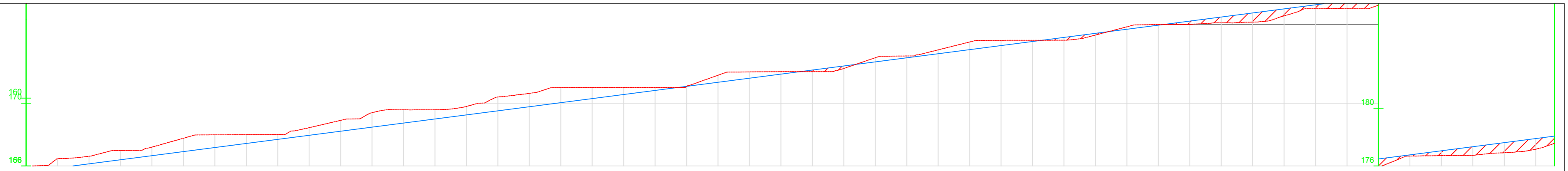
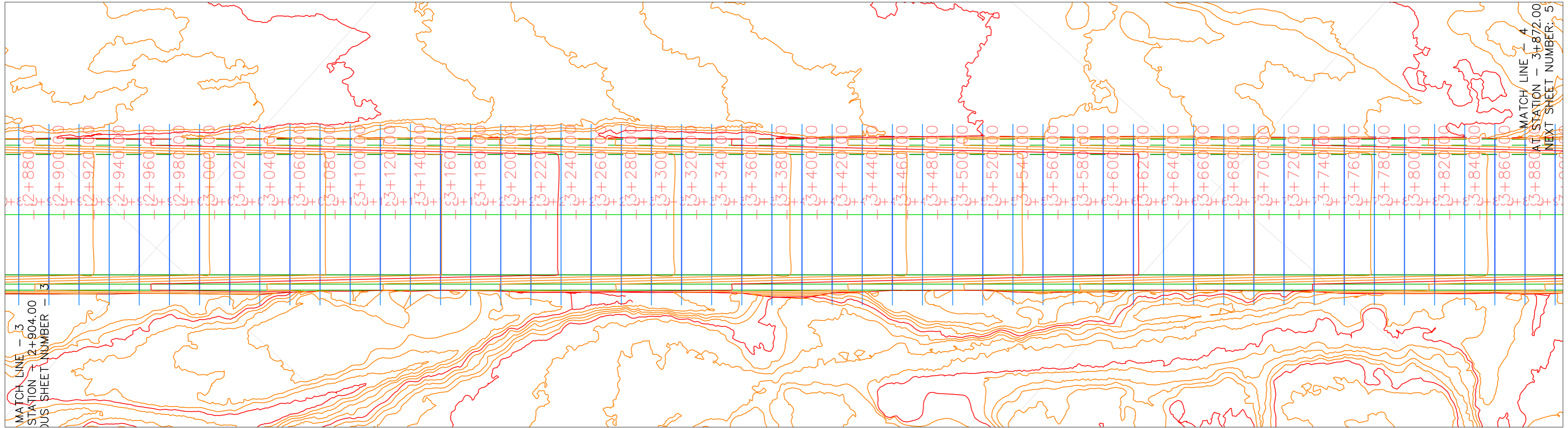
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:2000

P-03



PROGRESIVA	ALTURA DE RELLENO	ALTURA DE CORTE	COTA TERRENO	COTA RASANTE	PENDIENTE
2+904		0.334	165.01	165.57	
2+920		0.583	166.46	165.88	
2+940		0.482	166.62	166.14	
2+960		0.593	166.99	166.40	
2+980		0.546	167.20	166.66	
3+000		0.851	167.77	166.92	
3+020		0.807	167.96	167.18	
3+040		0.558	167.99	167.44	
3+060		0.305	168.00	167.70	
3+080		0.485	168.44	167.95	
3+100		0.691	168.90	168.21	
3+120		0.920	169.39	168.47	
3+140		0.842	169.57	168.73	
3+160		0.586	169.56	168.99	
3+180		0.537	169.79	169.25	
3+200		0.880	170.39	169.51	
3+220		0.854	170.62	169.77	
3+240		0.957	170.99	170.03	
3+260		0.707	171.00	170.29	
3+280		0.452	171.00	170.55	
3+300		0.193	171.00	170.81	
3+320	0.005		171.06	171.07	
3+340		0.447	171.77	171.33	
3+360		0.399	171.96	171.59	
3+380		0.153	172.00	171.84	
3+400	0.104		172.00	172.10	1.30%
3+420	0.159		172.20	172.36	2593.07m
3+440		0.263	172.89	172.62	
3+460		0.115	173.00	172.88	
3+480		0.245	173.39	173.14	
3+500		0.486	173.89	173.40	
3+520		0.334	173.99	173.66	
3+540		0.079	174.00	173.92	
3+560	0.179		174.00	174.18	
3+580	0.109		174.33	174.44	
3+600	0.155		174.85	174.70	
3+620	0.036		174.99	174.96	
3+640	0.214		175.00	175.22	
3+660	0.374		175.10	175.48	
3+680	0.585		175.15	175.74	
3+700	0.443		175.55	175.99	
3+720	0.255		176.00	176.25	
3+740	0.513		176.00	176.51	
3+760	0.535		176.24	176.77	
3+780	0.076		176.96	177.03	
3+800	0.306		176.99	177.29	
3+820	0.551		177.00	177.55	
3+840	0.644		177.17	177.81	
3+860	0.680		177.39	178.07	
3+872	0.455		177.77	178.23	



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

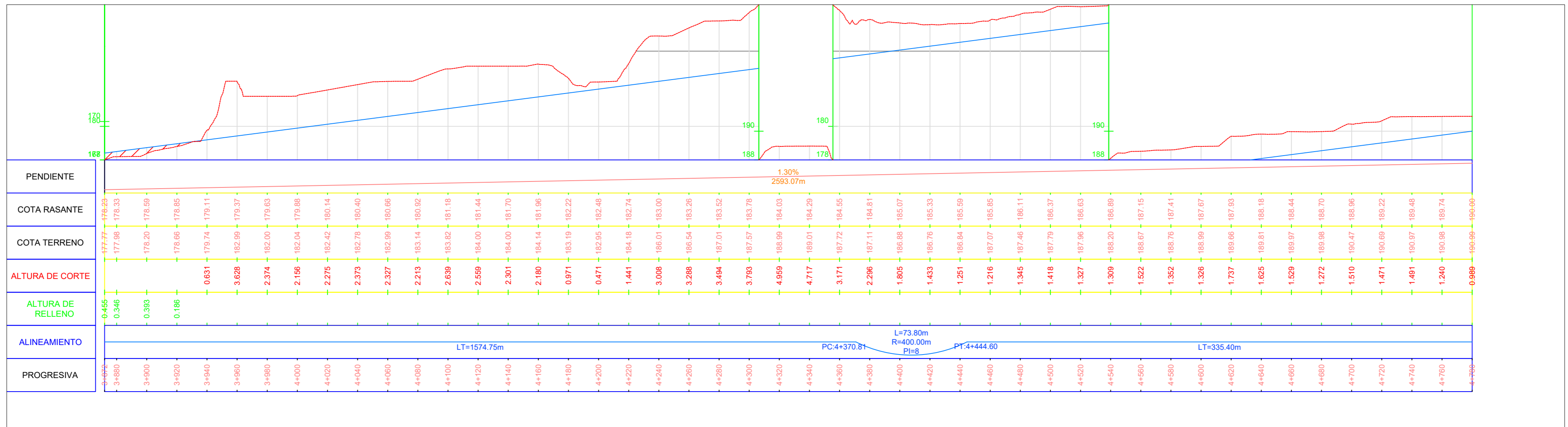
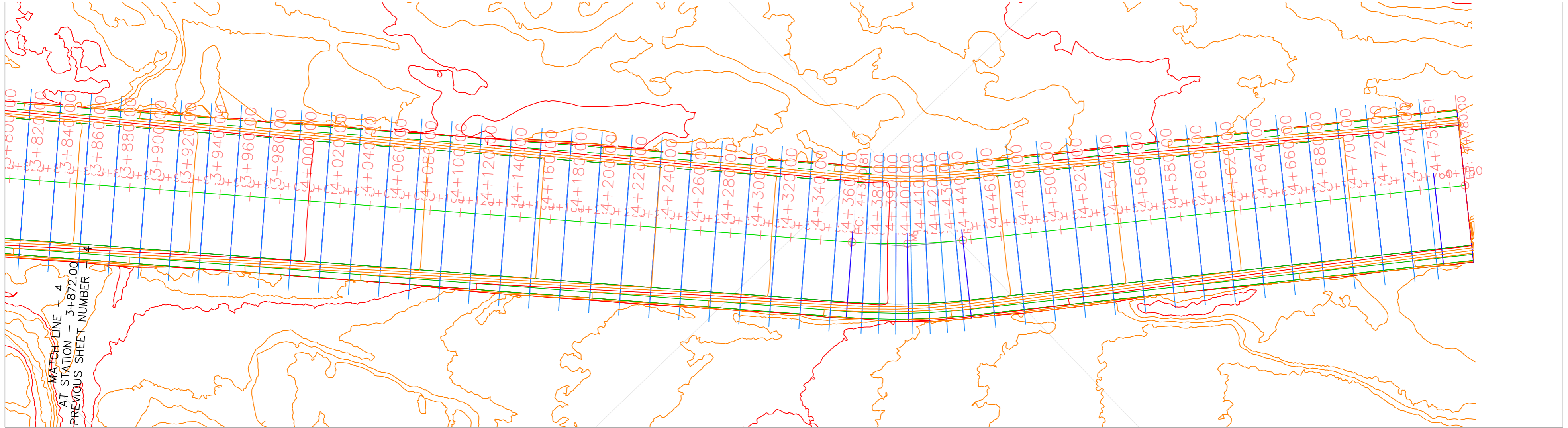
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:2000

P-04



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

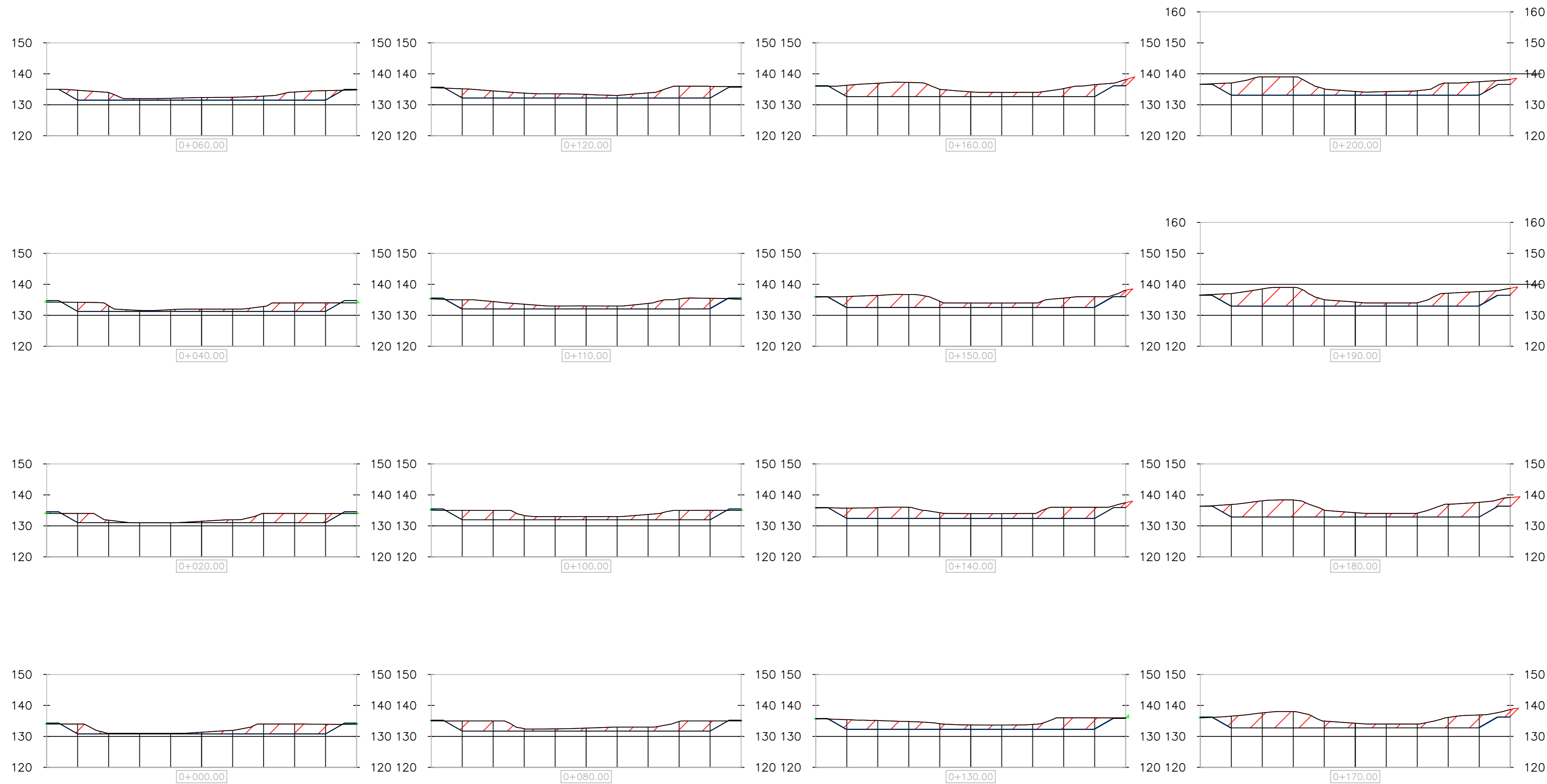
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado po:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:2000

P-05



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

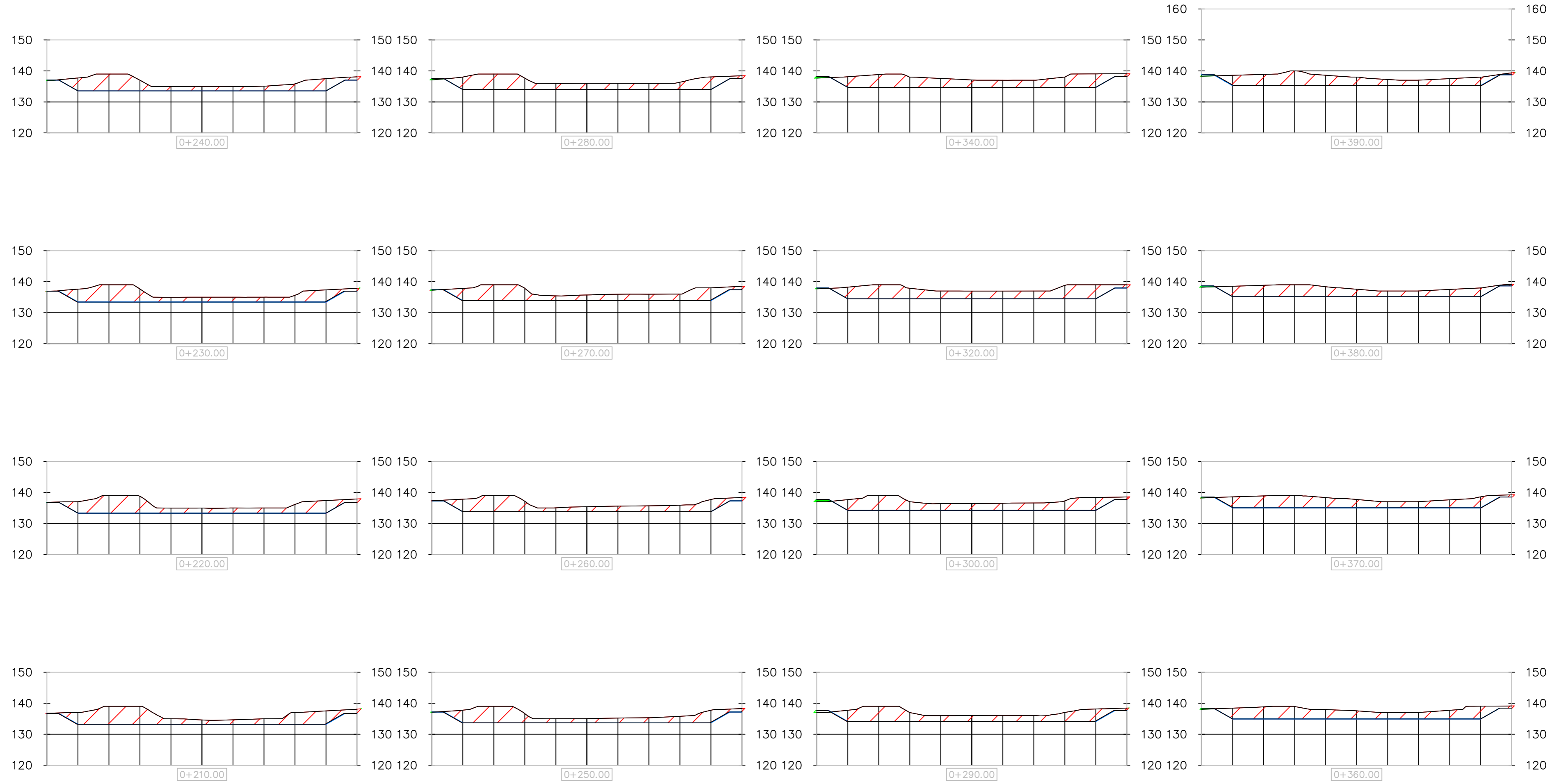
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-01



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

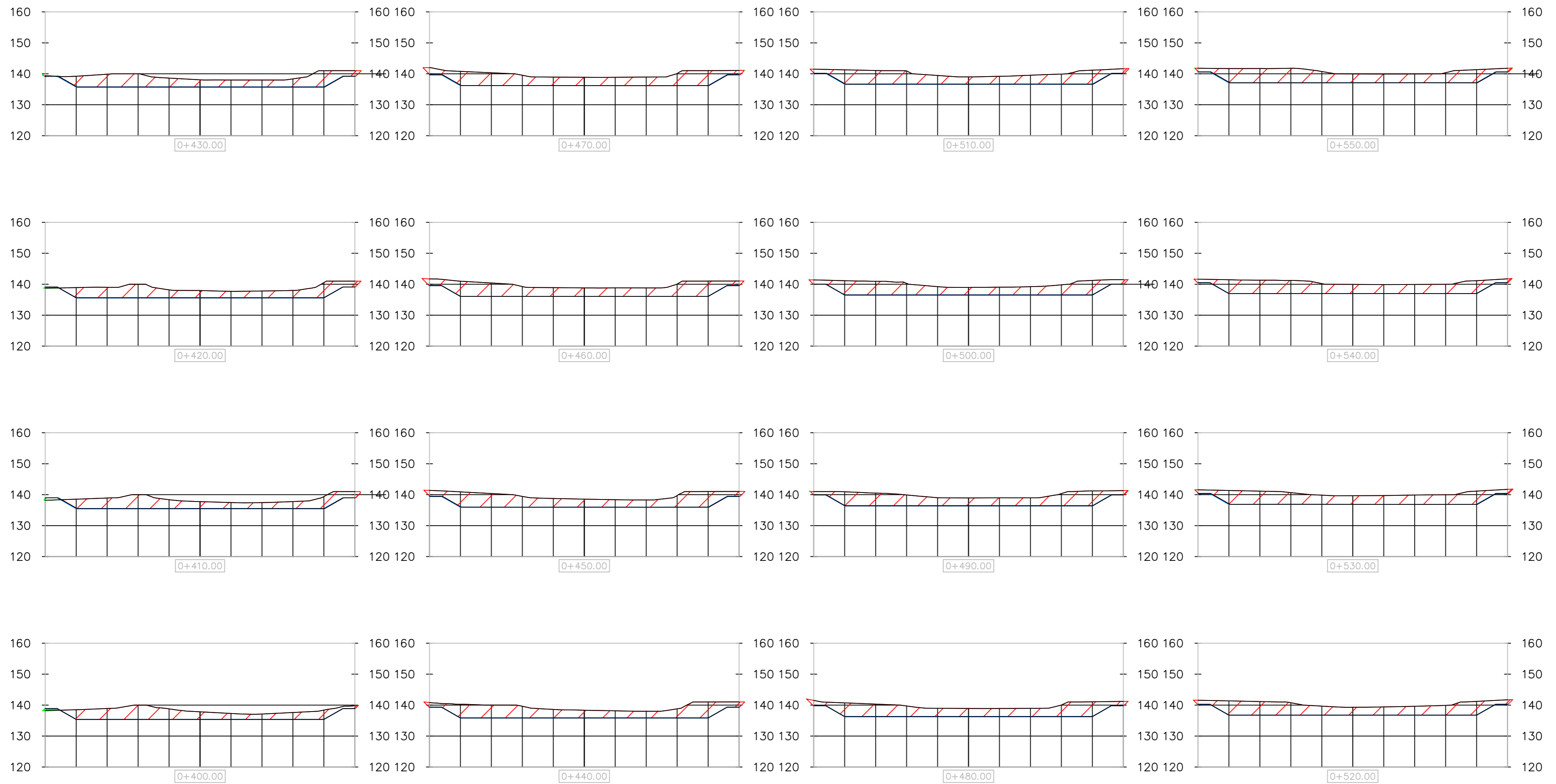
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-02



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

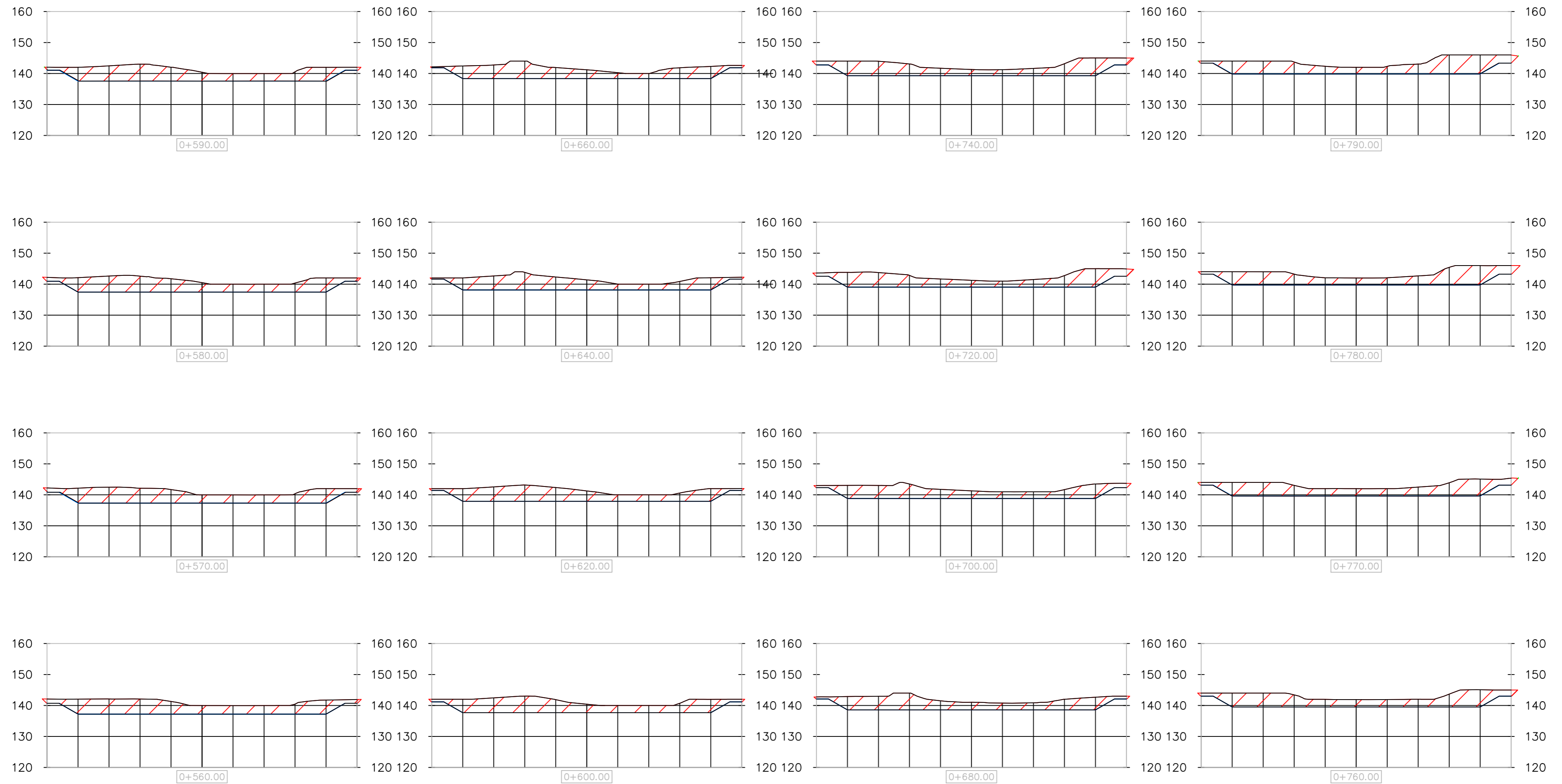
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado po:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-03



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

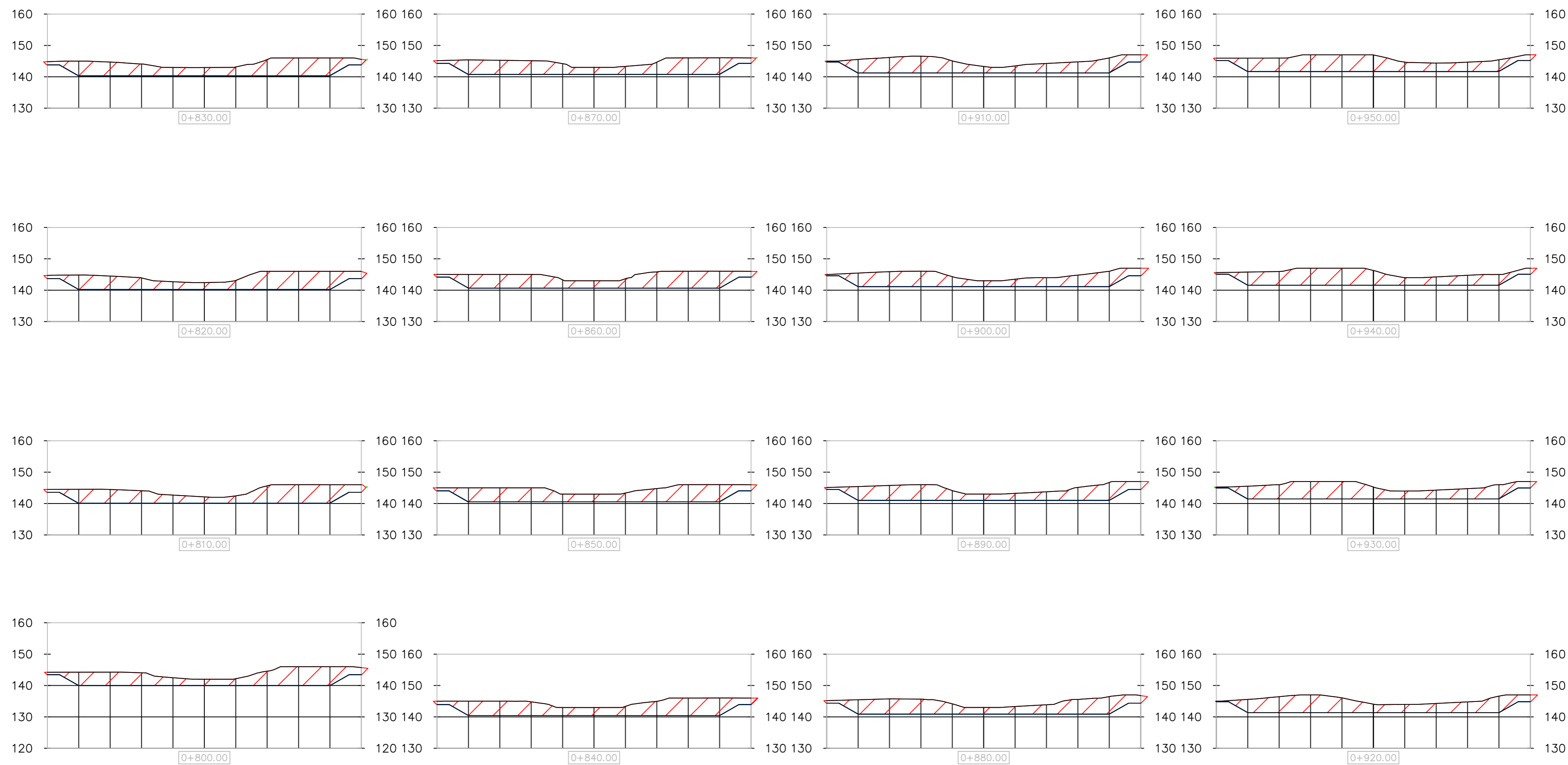
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-04



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

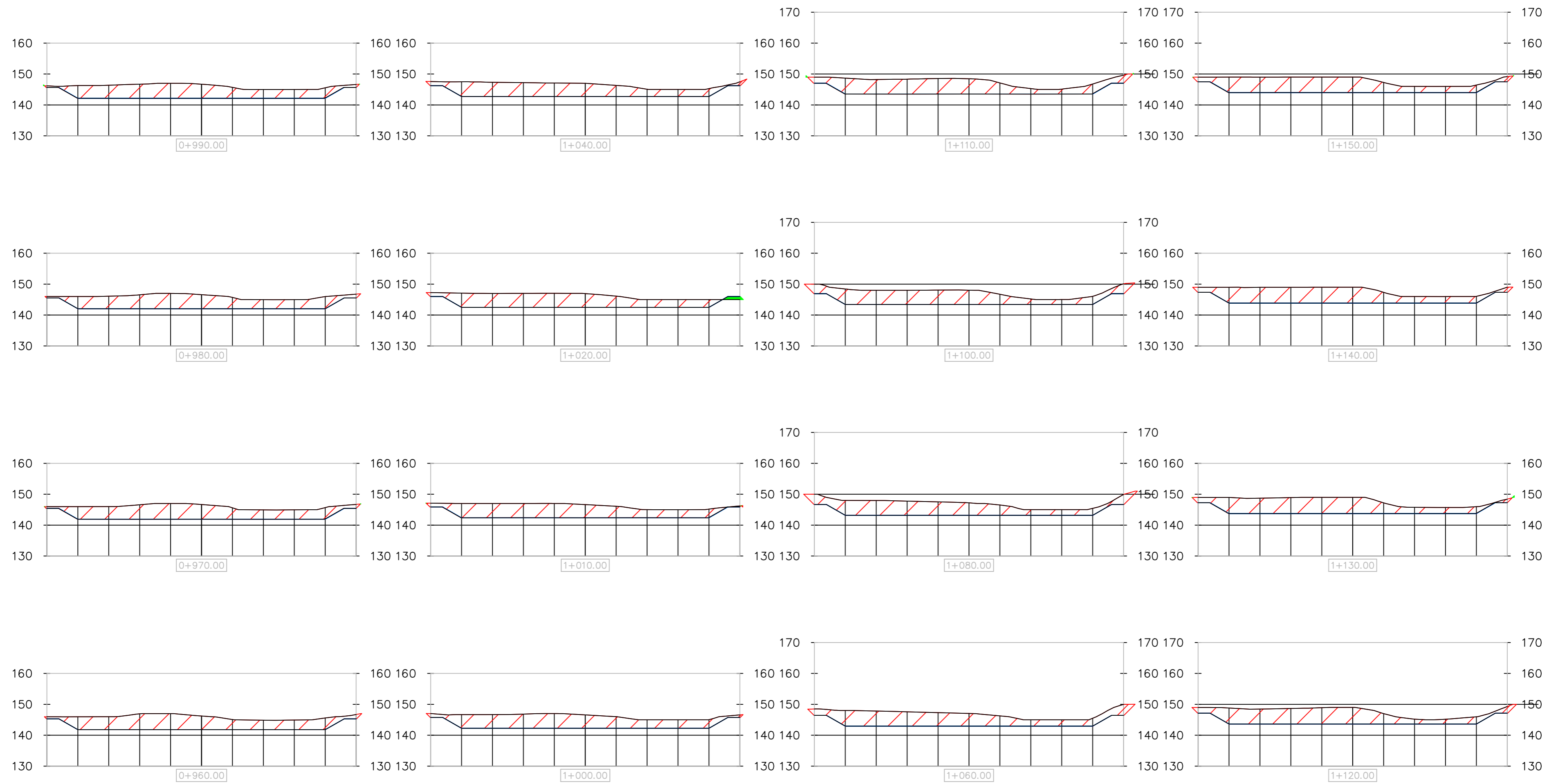
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-05



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

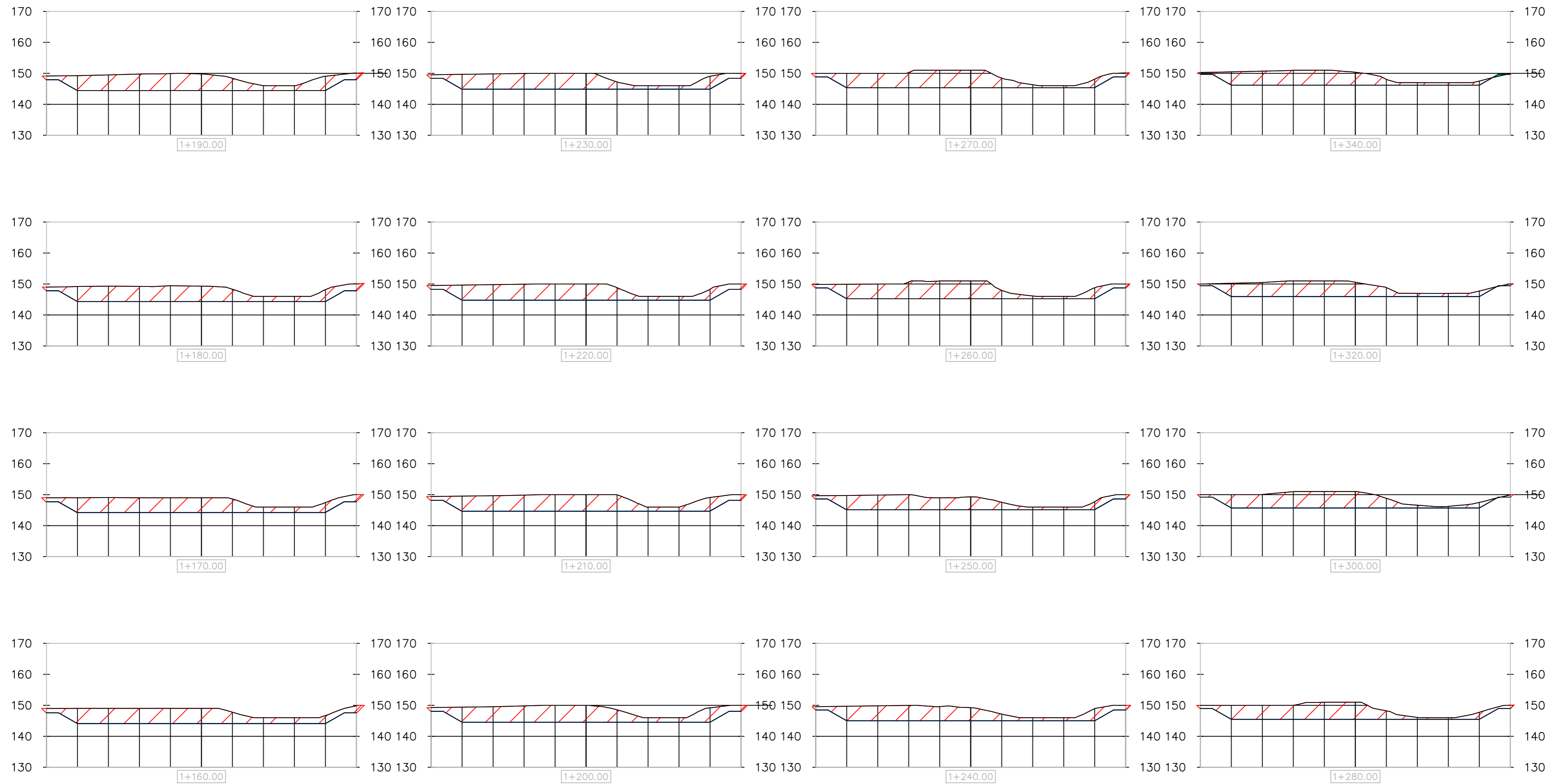
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-06



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

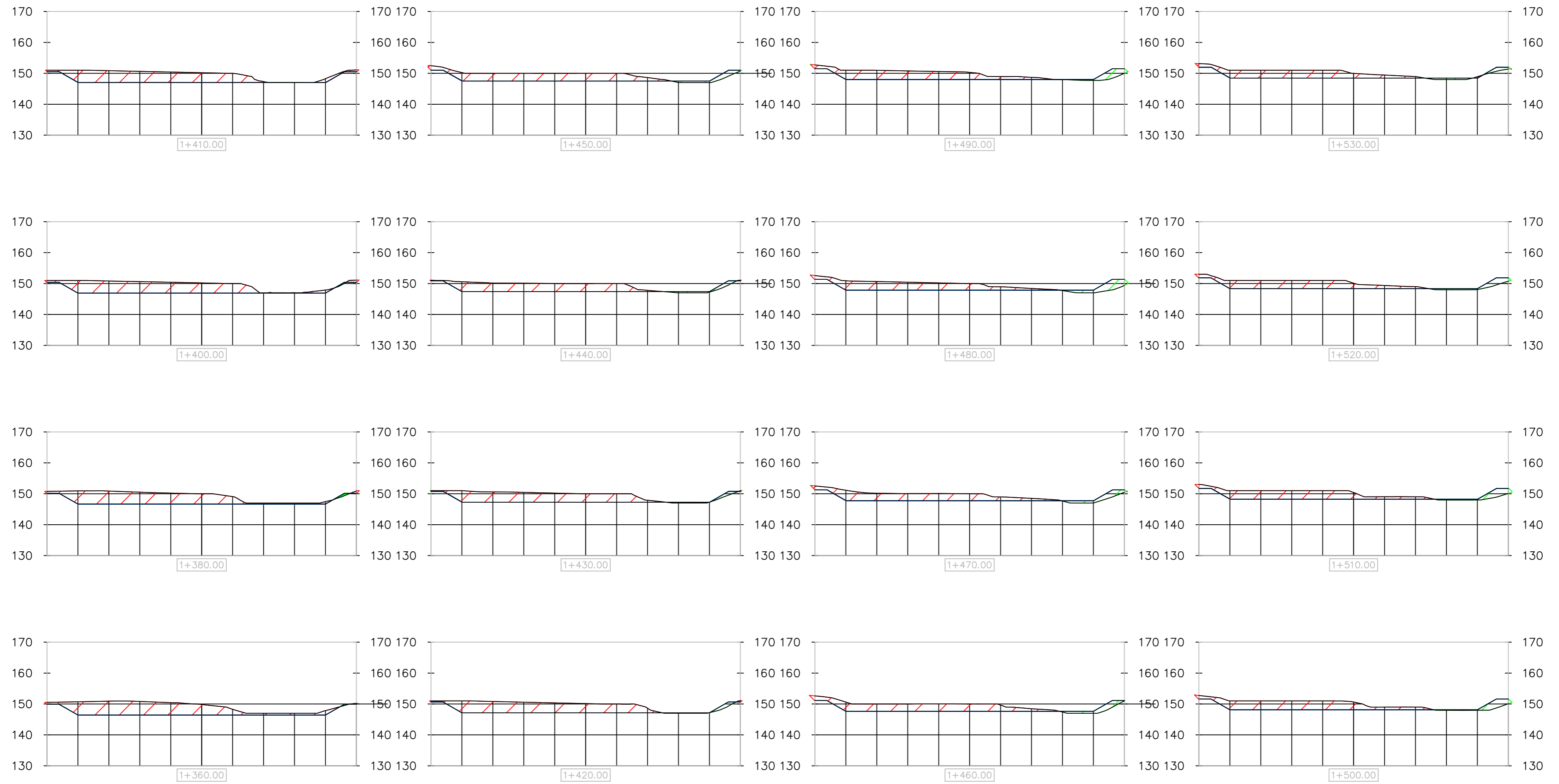
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-07



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

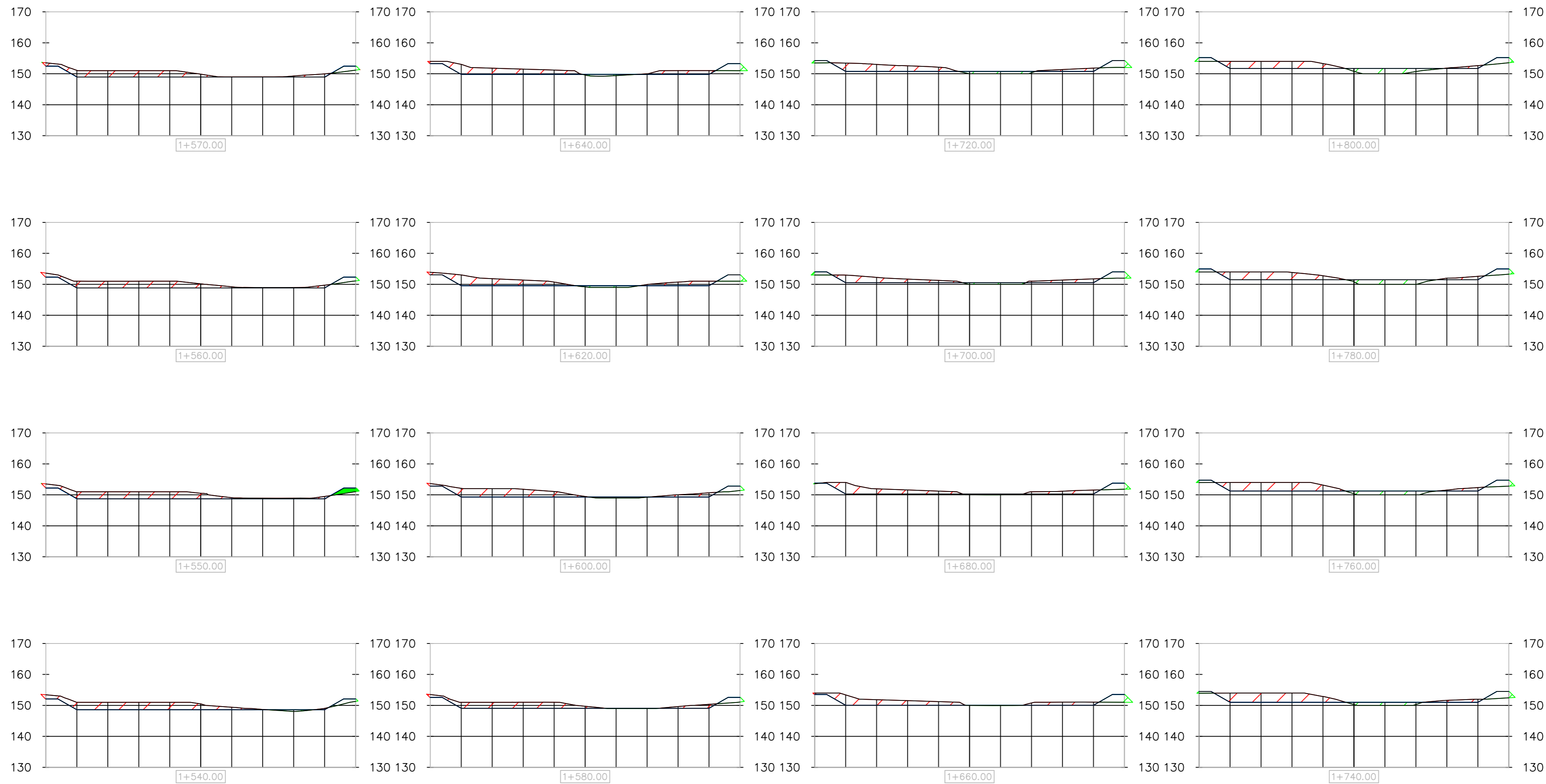
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-08



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

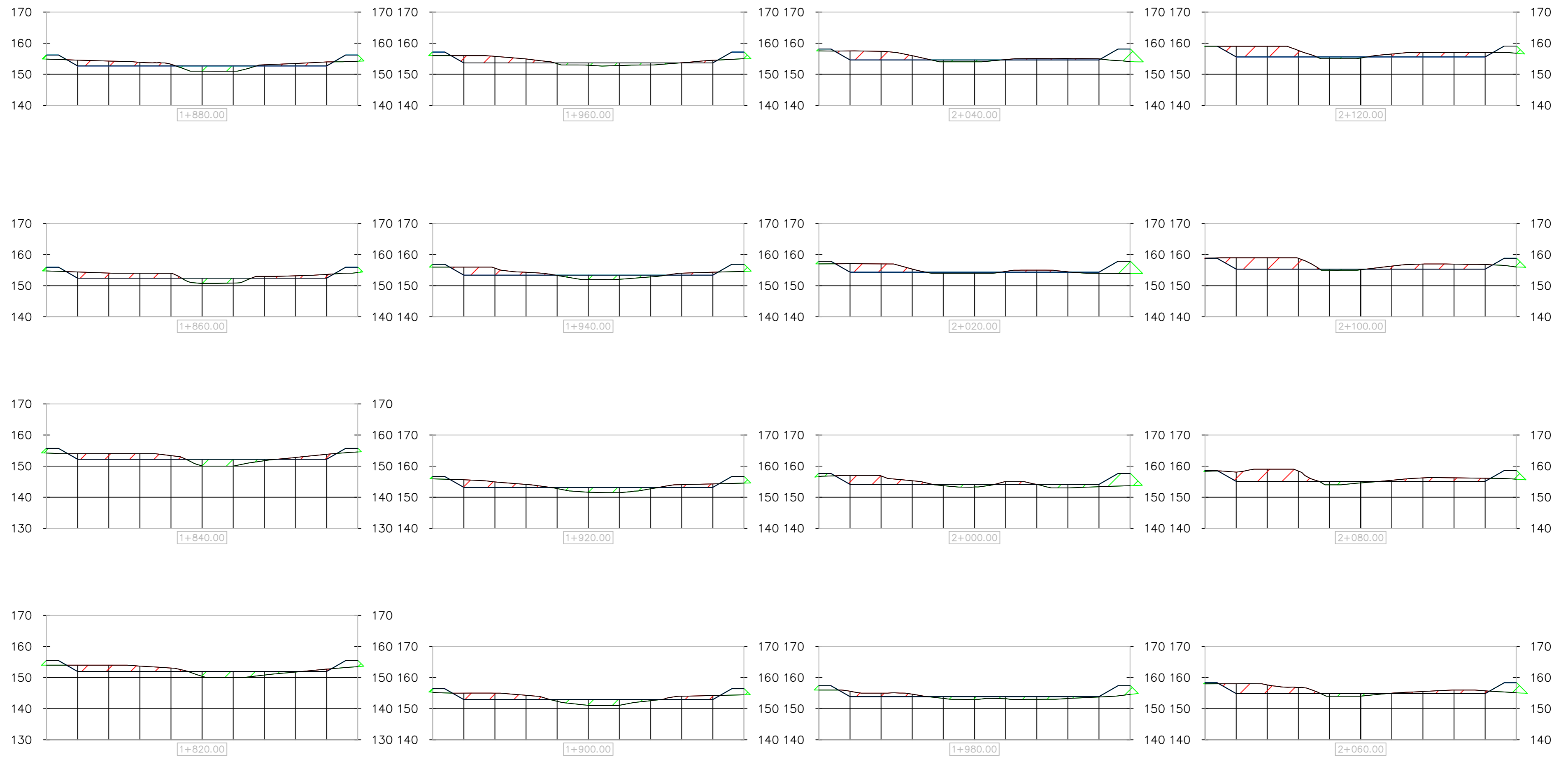
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-09



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

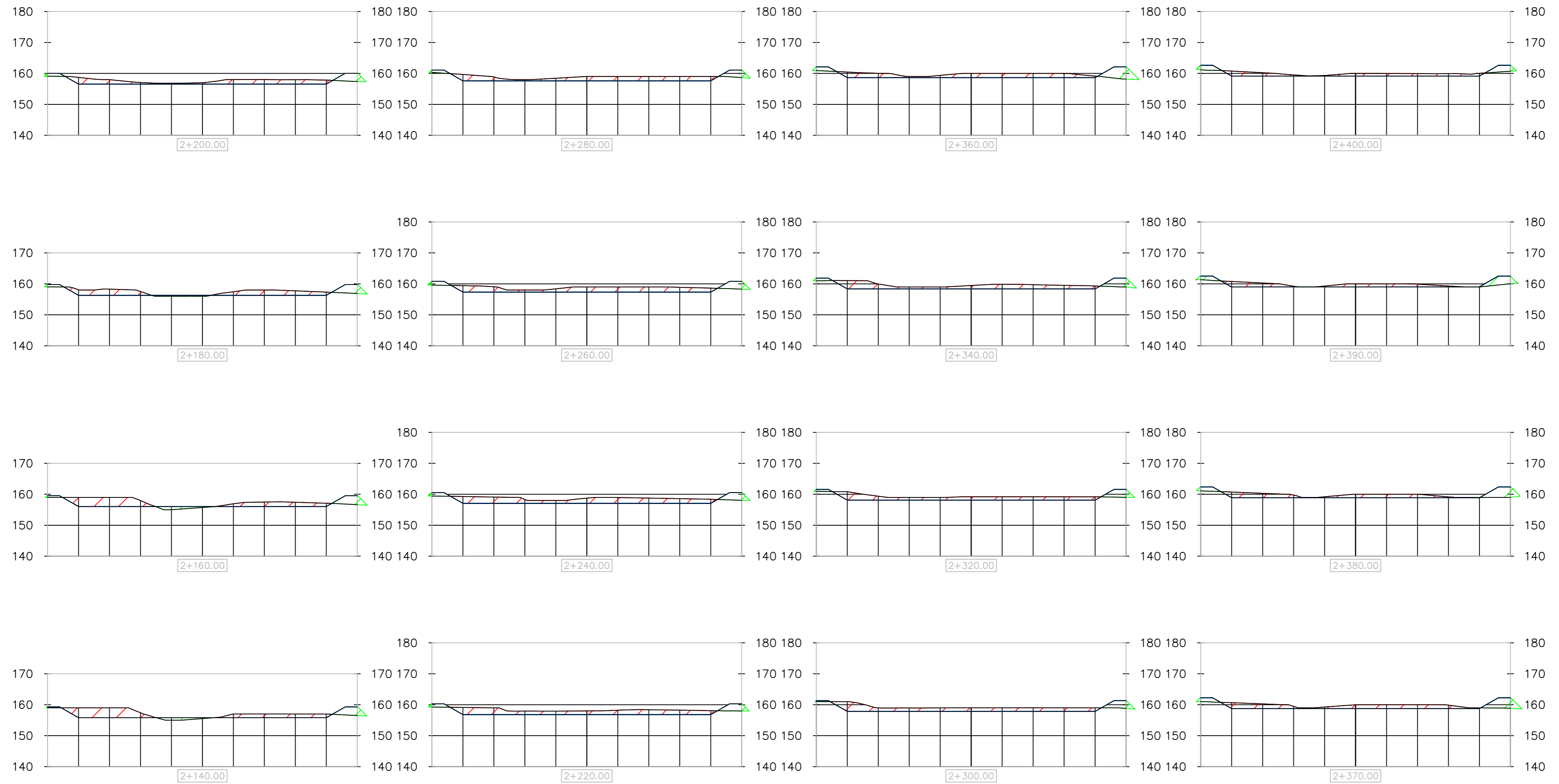
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-10



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

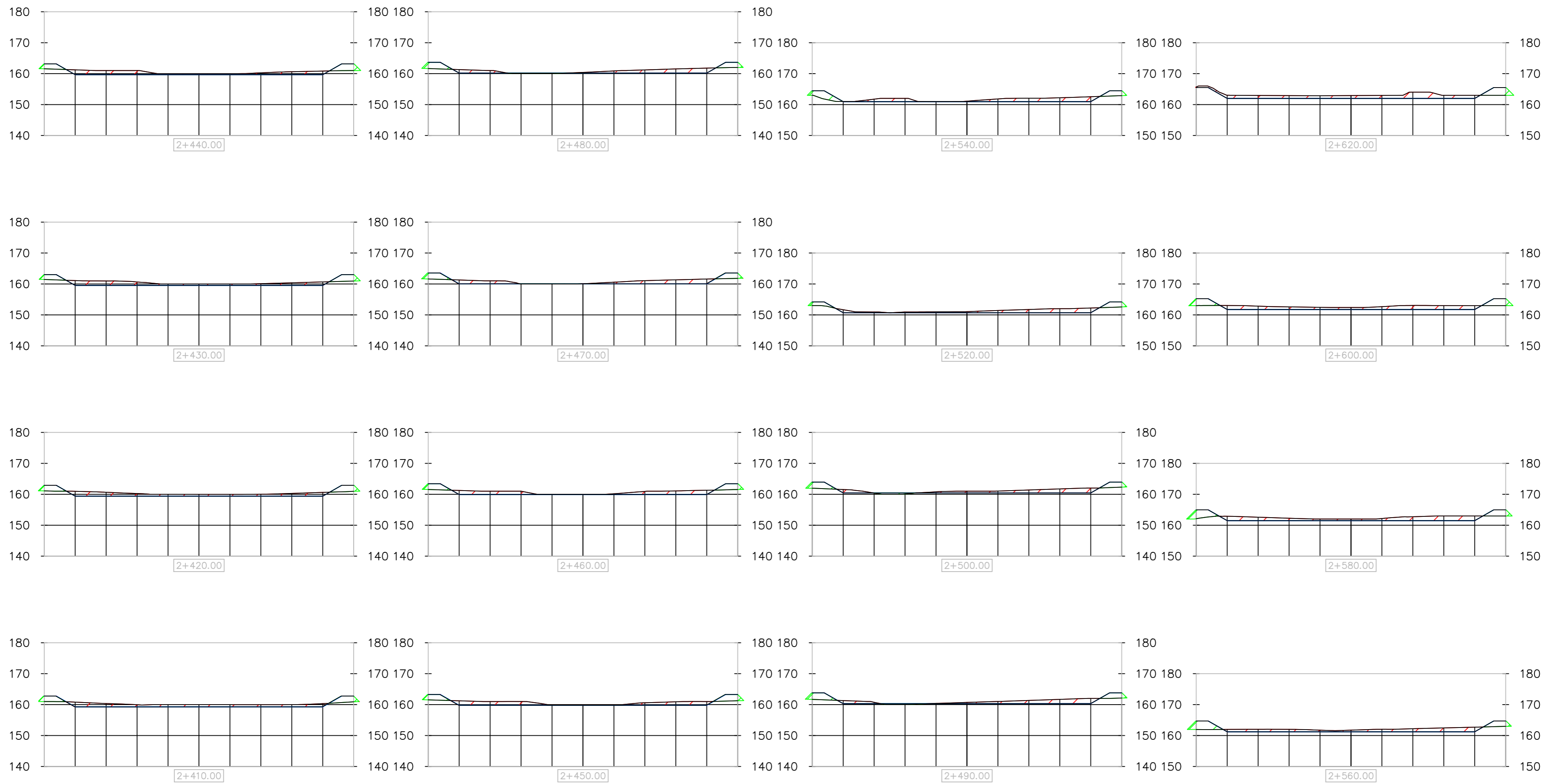
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-11



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

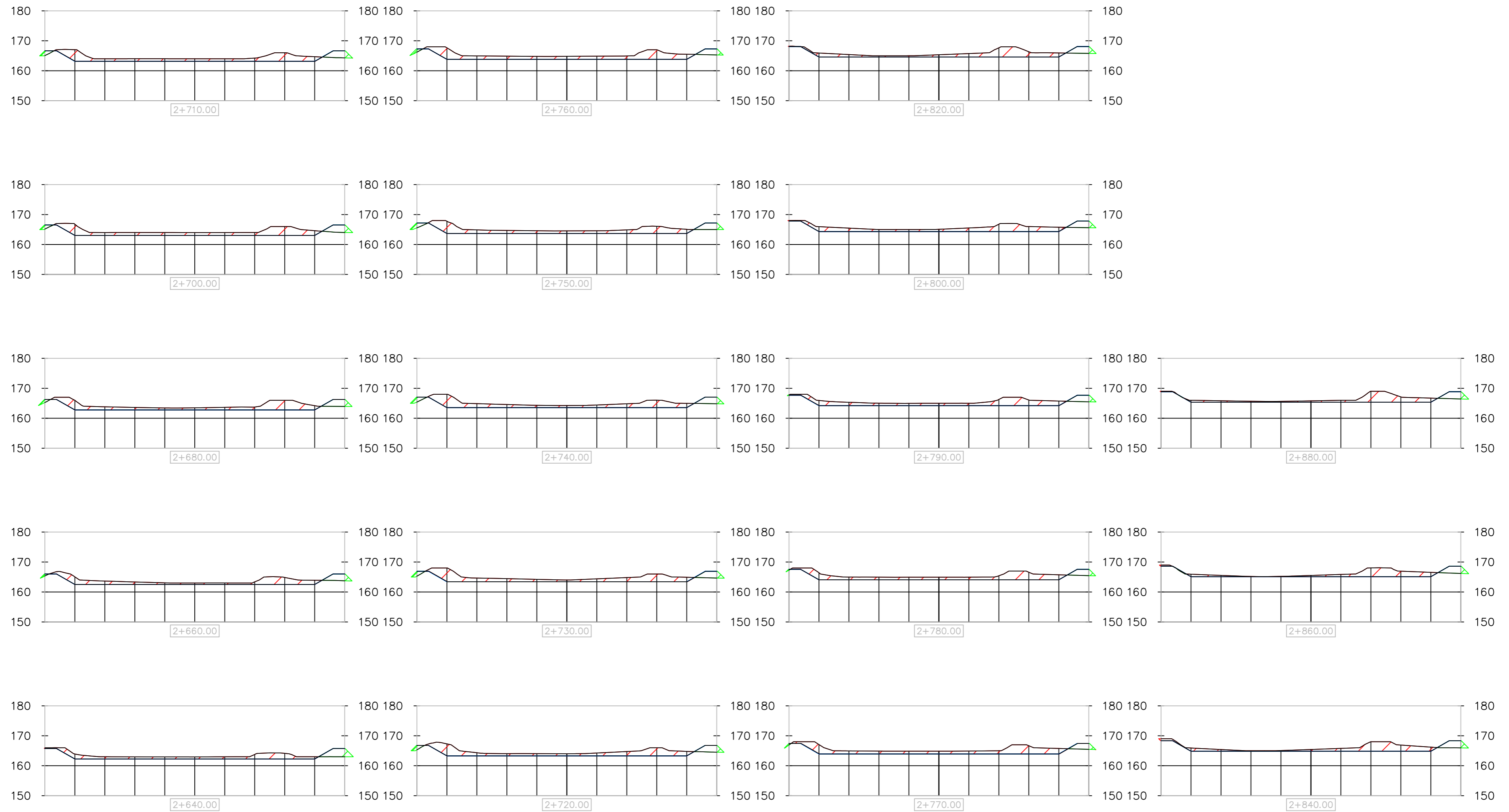
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-12



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

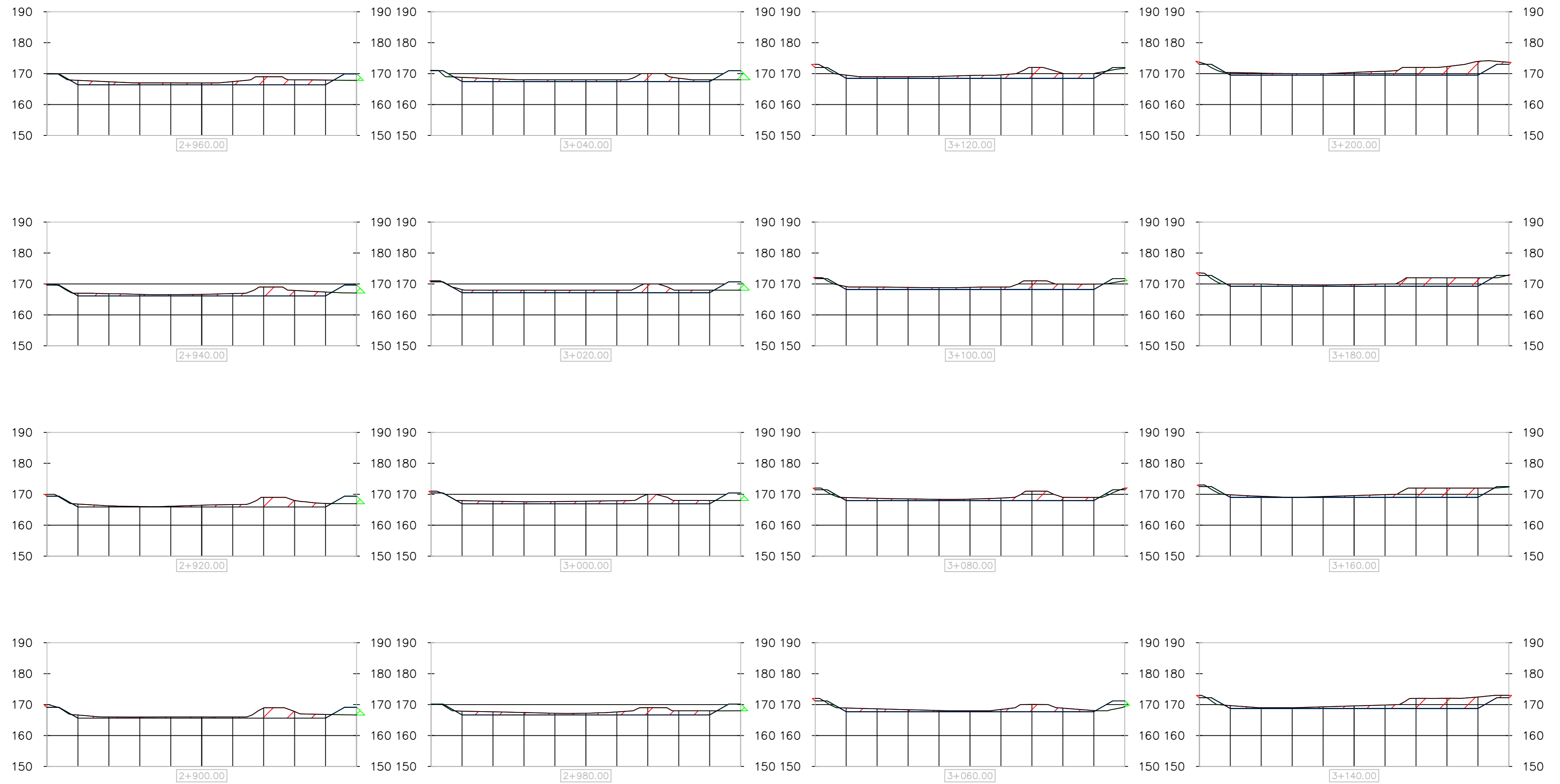
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-13



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

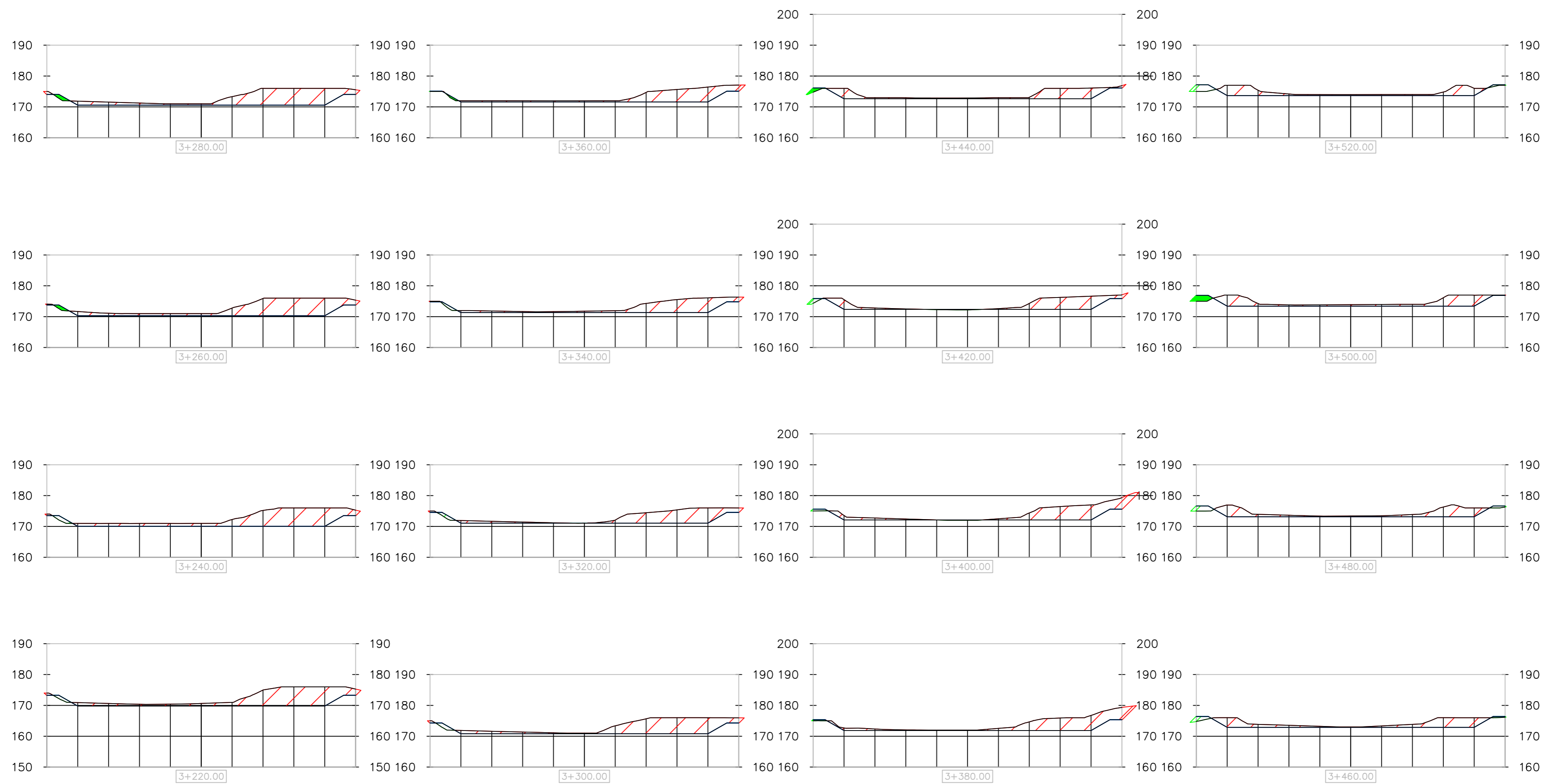
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado po:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-14



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

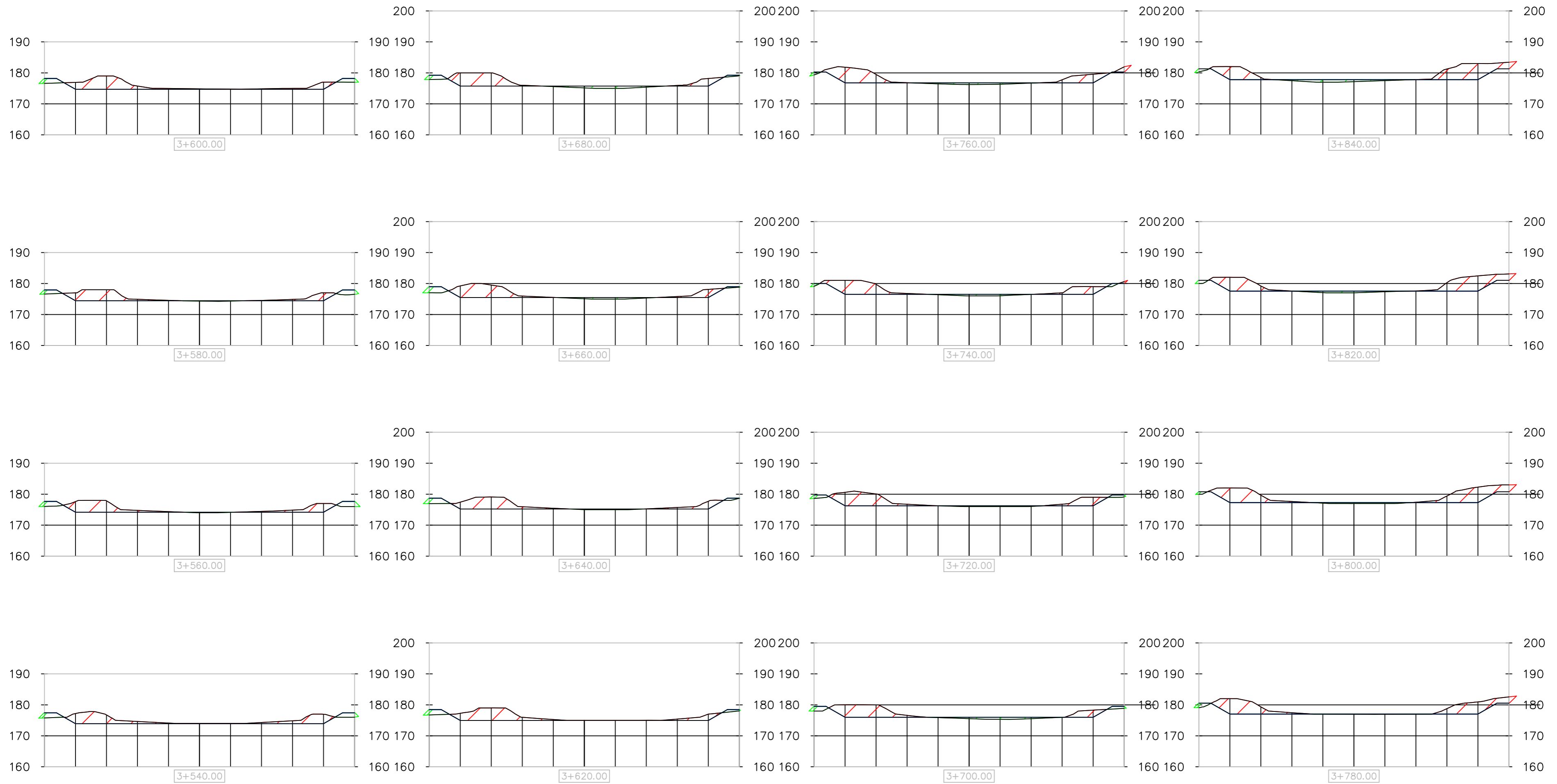
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-15



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

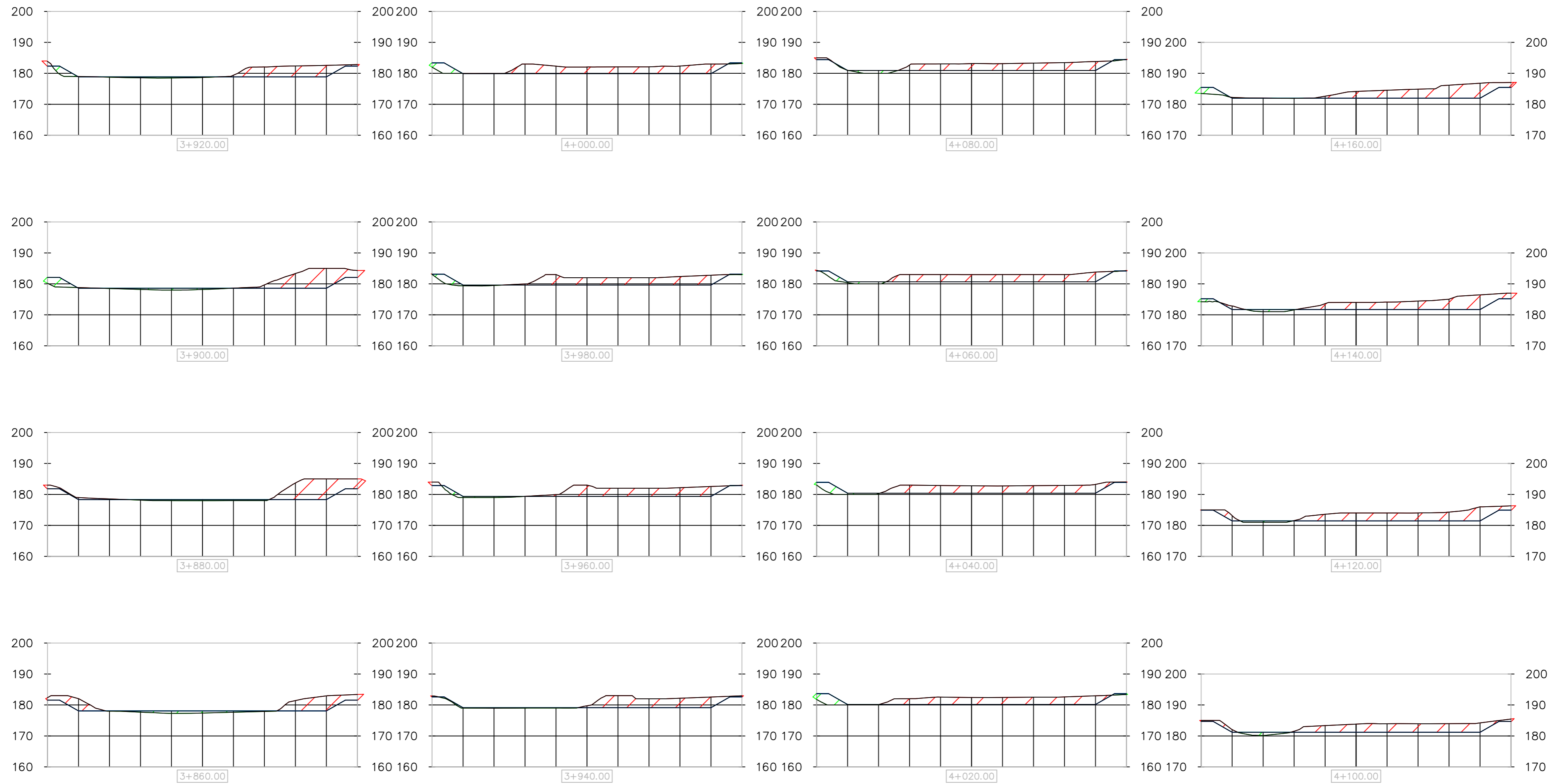
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-16



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

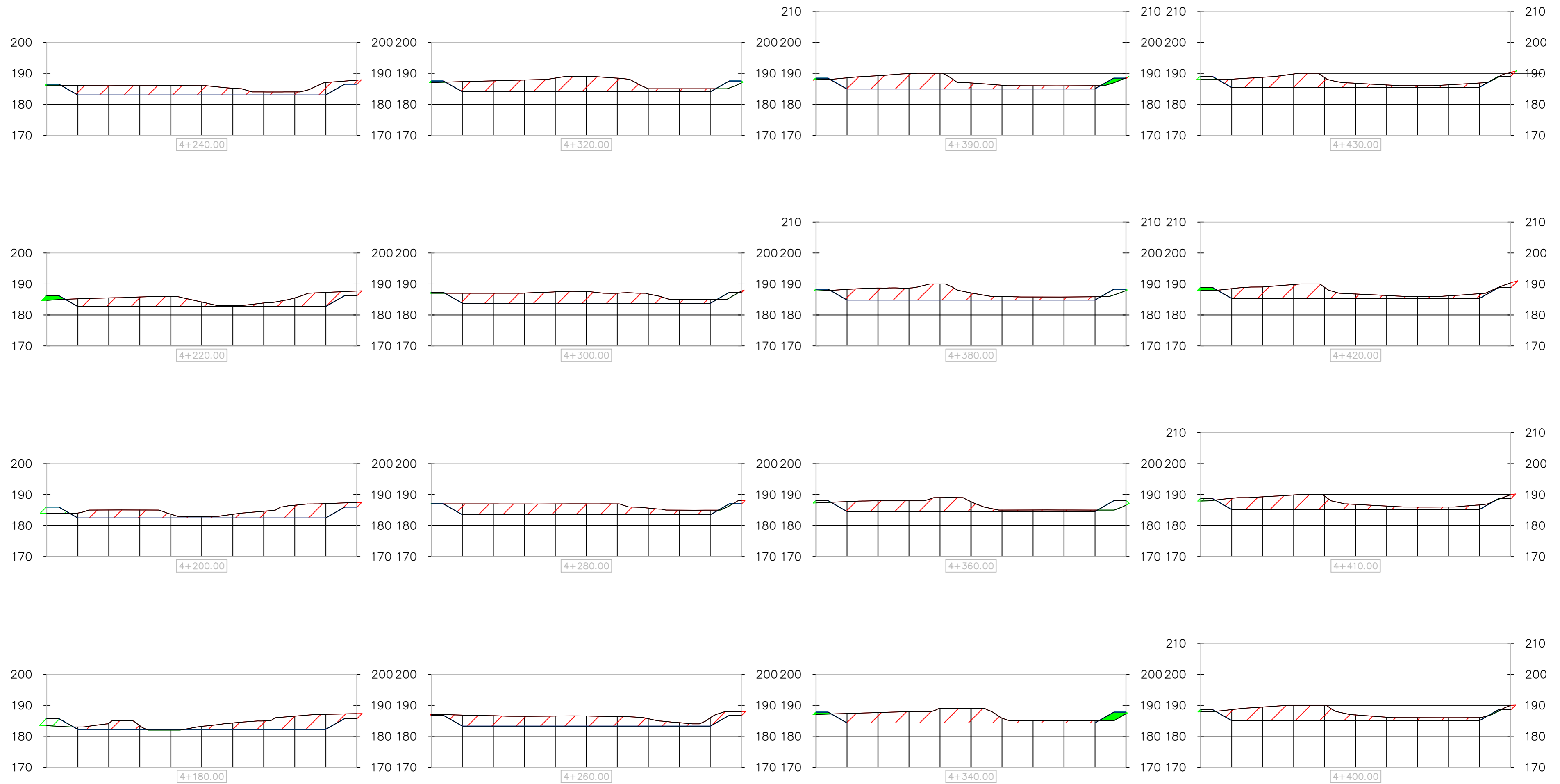
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-17



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

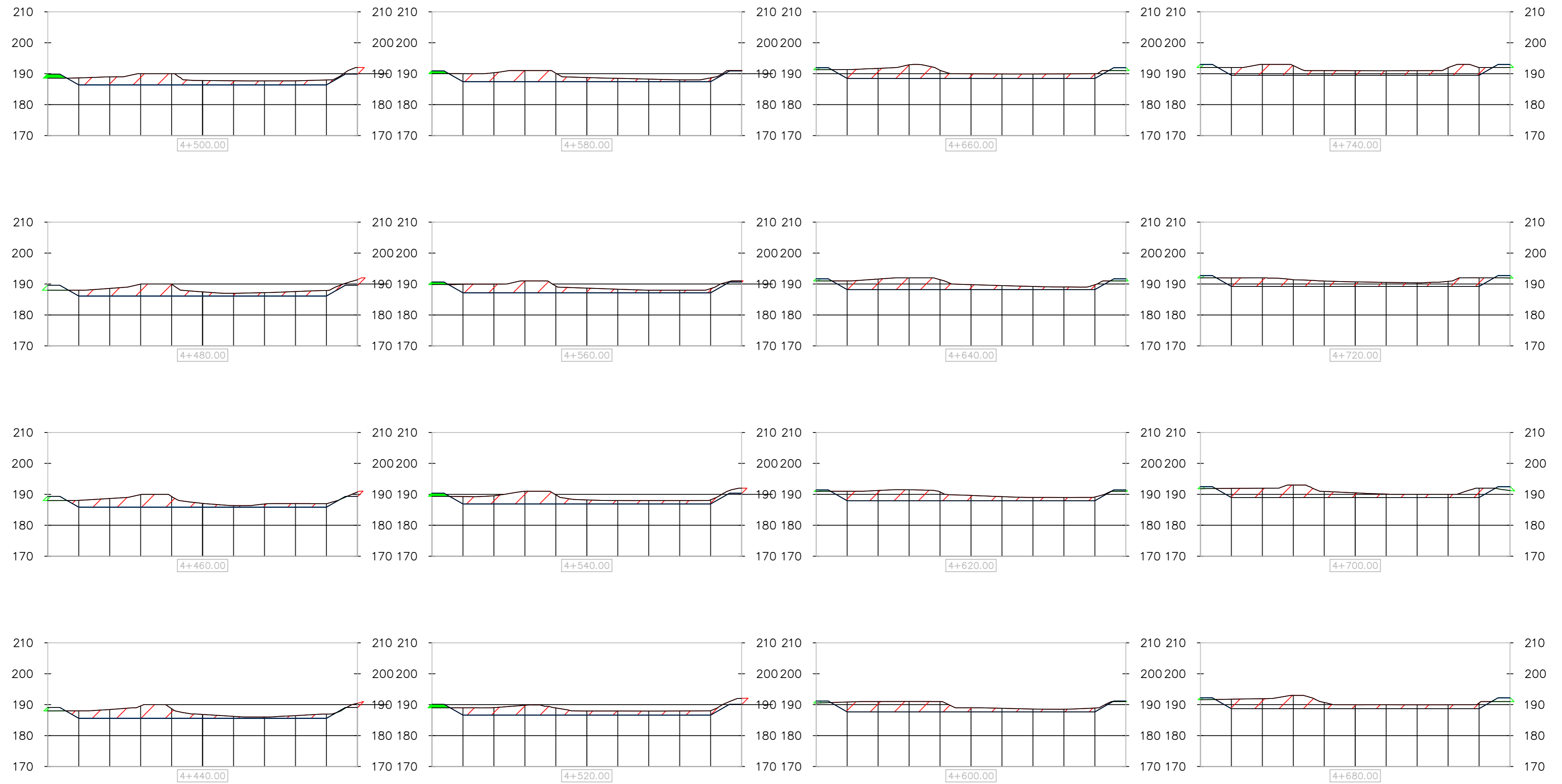
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-18



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
 ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
 TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
 PERFIL Y PLANTA

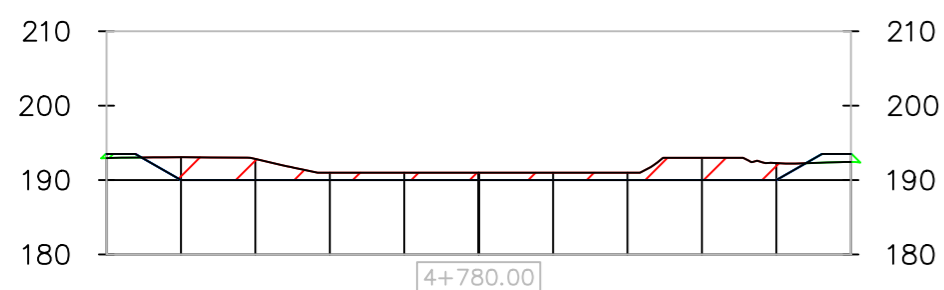
Asesor:
 GARCIA RIVERA
 JUAN PABLO
 CIP: 68614

Elaborado por:
 HONORIO SANCHEZ RENATO
 RAMOS GARCÍA JORDY

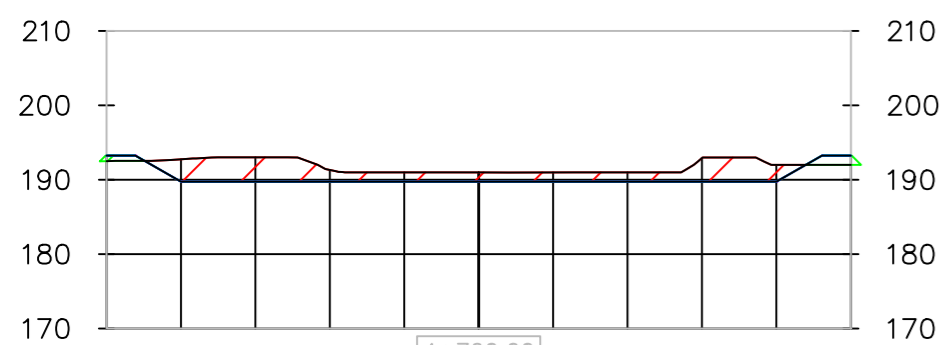
Fecha:
 Sep. 2020

Escala:
 1:1000

C-19

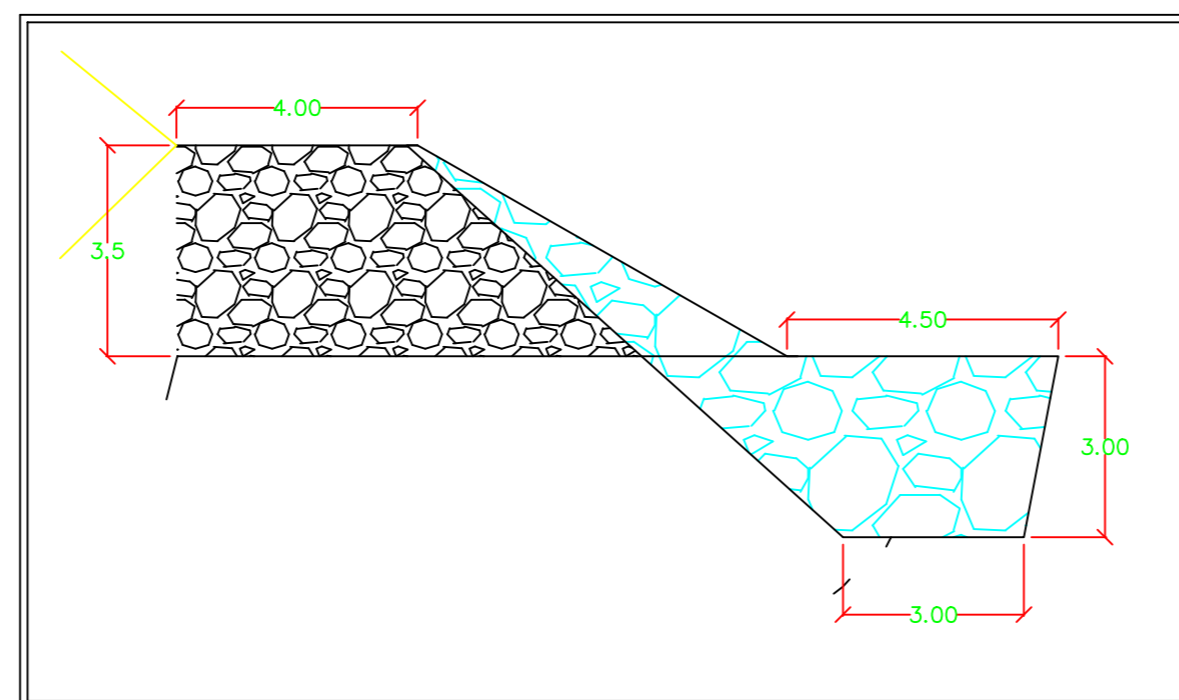


4+780.00

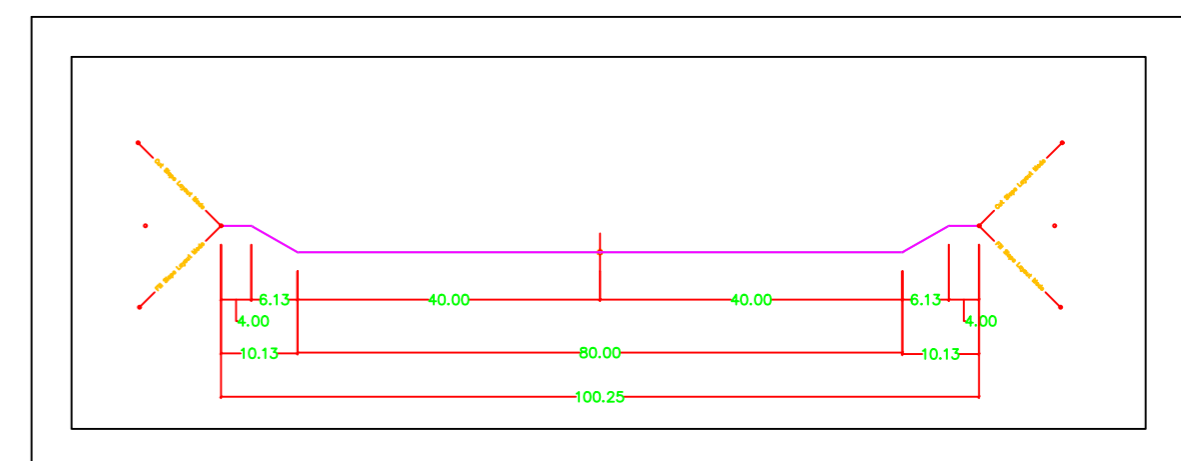


4+760.00

DETALLE DEL CORREDOR



SECCION DEL CORREDOR



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto:
ESTUDIO DE HIDRAULICA FLUVIAL DEL RÍO MOCHE
TRAMO PUENTE QUIRIHUAC- PUENTE FIERRO

Título:
PERFIL Y PLANTA

Asesor:
GARCIA RIVERA
JUAN PABLO
CIP: 68614

Elaborado por:
HONORIO SANCHEZ RENATO
RAMOS GARCÍA JORDY

Fecha:
Sep. 2020

Escala:
1:1000

C-20